DTA
DOCUMENT TECHNIQUE D'APPLICATION

3.1/26-1115_V1

Valide du **02 novembre 2026**

au **02 novembre 2029**

Sur le procédé

POSI

Famille de produit/Procédé : Poutre bois à section en I

Titulaire(s) : Société MITEK INDUSTRIE SAS

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB ; Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site Internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Première demande d'Avis Technique examinée par le GS n°3.1 le 28 mai 2026	PRAT Etienne	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Poutres en I ajourées avec membrures en bois massif liaisonnées à l'aide d'éléments métalliques.

Les poutres POSI sont constituées de membrures en bois massif et d'une triangulation interne composée de fiches métalliques, appelées également « V métalliques », dont les extrémités sont assemblées à l'aide de connecteurs métalliques emboutis. Des potelets en bois massif sont disposés au niveau des appuis.

Les poutres POSI sont destinées à la réalisation :

- De structures de plancher (en tant que solives, poutres porteuses ou secondaires) ;
- D'élément porteur support d'étanchéité de toitures terrasses et de support de couverture (en tant que chevron).

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 4
1.1. Domaine d'emploi accepté 4
1.1.1. Zone géographique 4
1.1.2. Ouvrages visés 4
1.2. Appréciation 5
1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé 5
1.2.2. Durabilité 5
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 5
2. Dossier Technique 6
2.1. Mode de commercialisation 6
2.2. Description 6
2.2.1. Principe 6
2.2.2. Caractéristiques des composants 7
2.2.3. Caractéristiques des poutres 9
2.3. Dispositions de conception et de dimensionnement 11
2.3.1. Principes 11
2.3.2. Modélisation de la poutre POSI 12
2.3.3. Calcul des connecteurs à plaques métalliques embouties 13
2.3.4. Capacités mécaniques des V métalliques 14
2.3.5. Dimensionnement des éléments 14
2.3.6. Modélisation des blocs 15
2.3.7. Vérification des déformations 16
2.3.8. Vérifications particulières relatives aux parois horizontales 17
2.3.9. Vérification de la stabilité (plancher et toiture) 17
2.3.10. Vérifications en situation d'incendie 18
2.3.11. Vérifications sous sollicitations sismiques 18
2.4. Dispositions de mise en œuvre 18
2.4.1. Transport, stockage et manutention 18
2.4.2. Sécurité en phase provisoire 19
2.4.3. Mise en œuvre des parois horizontales (plancher) 19
2.4.4. Spécificité des appuis (plancher et toiture) 20
2.4.5. Longueur minimale d'appui 21
2.4.6. Fixations aux appuis 21
2.4.7. Stabilité latérale 22
2.4.8. Modifications sur site 23
2.4.9. Assemblages de poutres multiples 23
2.4.10. Chevêtres 23
2.5. Assistance technique 24
2.6. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication 24
2.6.1. Principe 24
2.6.2. Contrôles de fabrication 25
2.7. Mention des justificatifs 27
2.7.1. Résultats expérimentaux 27
2.7.2. Références chantiers 27
Table des figures 30

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Cet avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine moyennant les dispositions constructives définies dans le Dossier Technique. L'Avis n'est pas formulé pour les utilisations dans les DROM-COM.

1.1.2. Ouvrages visés

Le domaine d'emploi accepté par le Groupe concerne l'utilisation dans les bâtiments industriels, bâtiments d'habitation de la 1ère à la 2e famille, de bureaux ou établissements recevant du public en réhabilitation ou en construction neuve.

Les poutres POSI sont limitées à la reprise de charges à caractère statique ou quasi-statique pour des catégories d'usage A, B, C1, C2, C3, C5, D1, E2, H et I au sens de la norme NF EN 1991-1-1.

Les utilisations sous charges roulantes pouvant entraîner des chocs ou des phénomènes de fatigue ne sont pas visées dans le présent Avis. L'utilisation de chariots élévateurs sur les planchers constitués de poutres POSI n'est pas visée par l'Avis Technique.

Les planchers réalisés avec le procédé de poutre POSI sont les planchers avec panneau OSB tel que défini dans le NF DTU 51.3.

Les utilisations des poutres POSI en tant qu'éléments porteurs supports d'étanchéité de toitures-terrasses et de support de couverture (en tant que chevron) sont limitées au Cahier des Prescriptions Techniques (CPT) 3768 de janvier 2016.

Les éléments porteurs verticaux compatibles avec les planchers réalisés avec des poutres POSI sont les suivants :

- Les murs en béton conformes aux NF DTU 21, DTU 22.1, DTU 23.1 ;
- Les murs en maçonnerie de petits éléments conformes au NF DTU 20.1 ;
- Les structures bois conformes aux NF DTU 31.1, NF DTU 31.2 ;
- Toute structure à éléments porteurs en bois ou à base de bois calculée selon la norme NF EN 1995-1-1 ;
- Les éléments porteurs métalliques calculés selon la norme NF EN 1993-1-1.

Dans le cas de l'utilisation des planchers constitués de poutres POSI en vide-sanitaire, la surface totale minimum des orifices de ventilation doit être de 1/150e.

En l'absence de procédé de barrière anti-termite faisant l'objet d'un Avis Technique visant les planchers bois en vide-sanitaire, l'utilisation des planchers sur vide-sanitaire est à exclure des zones contaminées par les termites définies par arrêté préfectoral.

Les éléments en V métallique POSI peuvent être utilisés dans les classes de service 1 et 2 selon l'Eurocode 5 et dans les classes d'emploi 1 et 2 comme spécifié dans l'EN 335:2013.

Les éléments en V métallique POSI peuvent être utilisées dans des environnements de catégories de corrosivité C1 et C2 telles que définies dans le Tableau 1 de la norme EN ISO 12944-2.

La reprise des cloisons maçonnées ou fragiles est exclue du domaine d'emploi.

Cas particulier d'utilisation en tant que chevron porteur

Les structures de toiture composées du procédé POSI quant à leur fonction de support de couverture sont similaires à un ouvrage de charpente traditionnelle et charpente industrielle tel que défini par le NF DTU 31.1 et le DTU 31.3.

L'utilisation du procédé est admise pour les toitures terrasses accessibles et inaccessibles (catégories I et H selon la norme NF EN 1991-1-1) :

- Pente ≥ 3% sur plan ;
- Entraxe ≤ 1.2m ;
- Toitures-terrasses isolées thermiquement sur l'élément porteur et sans rétention d'eau pluviale.

Les toitures réalisées avec le procédé POSI, dont la pente est limitée à 40°, sont similaires à un ouvrage traditionnel :

- De support de couverture tel que défini dans les NF DTU suivants :

Les couvertures en petits éléments :

- Ardoises naturelles (DTU 40.11) ou fibres-ciment (NFDTU 40.13),
- Tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief (NFDTU 40.21);
- Tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat (NFDTU 40.211),
- Tuiles en béton à emboîtement et à glissement (DTU 40.24 et DTU 40.241),
- Tuiles canal (DTU 40.22),
- Tuiles plates en terre cuite (DTU 40.23) ou en béton (DTU 40.25),
- Bardeaux bitumés (DTU 40.14 ou selon Avis Techniques particuliers) *ou* tuiles métalliques (selon Avis Techniques particuliers) ;

Les couvertures en plaques :

- Plaque bitumineuse (selon Avis Techniques particuliers),
- Plaque profilée en fibres-ciment (NF DTU 40.37),

- Plaque métallique nervurée (DTU 40.35) ;

Les couvertures métalliques sur support continu ventilé :

- Zinc (DTU 40.41), acier inoxydable étamé (DTU 40.44), cuivre (DTU 40.45) ou plomb (DTU 40.46) ;
- De support d'étanchéité tel que défini par le NF DTU 43.4.

Les débords de membrures en porte-à-faux ne sont pas visés par le présent Avis Technique.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

La résistance et la stabilité du procédé sont normalement assurées dans le domaine d'emploi accepté sous réserve des dispositions complémentaires données au sein du Dossier Technique ci-après.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

Résistance au feu

La poutre POSI ne peut fournir une résistance au feu suffisante à elle seule, la mise en œuvre d'un écran en sous-face est requise pour satisfaire aux exigences de résistance au feu de la réglementation incendie en vigueur, tout en veillant à prendre en compte les situations particulières indiquées dans le PV de Classement n°009196-B du CERIB.

Conformément aux conditions prévues par l'arrêté du 22 mars 2004 modifié, la convenance d'un complexe de plancher ou toiture en poutres POSI à base de bois doit être validée par un procès-verbal d'essai délivré par un laboratoire agréé.

Des typologies de planchers de solives POSI offrant une résistance au feu d'au moins 30 minutes conformément à la norme EN1365-2:2014 et classés conformément à la norme EN13501-2:2016 sont décrites dans le PV de classement n°009196-B du CERIB.

Système de ventilation

Le classement REI30 est assuré avec la présence d'ouvertures de ventilation tel que décrit dans le PV de classement n°059307 du CERIB.

Réaction au feu

Les bobines métalliques servant à la fabrication des éléments en V sont classées incombustibles conformément à la décision CE 96/603/CE et répondent aux exigences de la classe A1 selon EN 13501-1 : 2007.

La réaction au feu correspond à la plus faible des deux matériaux (acier/bois). Les membrures en bois sont classées D-s2,d0 selon la norme EN 13501-1.

1.2.1.3. Pose en zones sismiques

Le procédé POSI doit satisfaire aux exigences de sécurité en zone de sismicité 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, pour utilisation en réhabilitation ou en construction neuve.

1.2.2. Durabilité

Selon la classe d'emploi déterminée 1 ou 2 par la position des poutres POSI dans l'ouvrage, un traitement de préservation du bois peut être requis. Il convient alors de se conformer aux prescriptions des normes NF EN 335 et NF EN 350.

Conformément à la réglementation en vigueur, les poutres POSI contribuant à la solidité des bâtiments doivent être protégées, soit par une durabilité naturelle, soit par une durabilité conférée, contre les insectes à larves xylophages sur l'ensemble du territoire. En complément, une protection contre les termites est exigée dans les départements visés par un arrêté préfectoral pris en application de l'article L. 133-5. Lorsque ce traitement est nécessaire, il doit être réalisé en atelier, après façonnage et traitement des découpes.

À moins qu'un traitement ne soit effectué avec un produit de préservation adéquat, la longévité peut être réduite par attaque d'insectes perçant le bois, tels que le capricorne, les termites secs du bois et la petite vrillette, dans les lieux où ils prolifèrent.

Les V métalliques POSI sont galvanisés afin d'assurer leur protection contre la corrosion dans des environnements classés C1 ou C2, conformément au tableau 1 de la norme EN ISO 12944-2.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Les blocs de renfort introduits au §2.2.2.3 définis dans le présent Avis Technique ne relèvent pas de l'ETE n°ETA-20/1169.

Les éléments de poutre POSI doivent être conçus, dimensionnés et vérifiés exclusivement avec le logiciel PAMIR.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

La taille de l'élément en V métallique POSI est écrite sur celui-ci.

Les poutres POSI sont identifiées conformément à l'ETA-20/1169 et au marquage CE qui en résulte.

Coordonnées

Titulaire : MITEK INDUSTRIES SAS
3 BIS RUE DES ARCHIVES
94000 CRÉTEIL
Tél. +33 (0)1 43 39 60 85
Email : imitek@mitek.fr
Internet : www.mitek.fr

La liste des fabricants des poutres est énoncée au §2.6.1.3.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les poutres POSI sont constituées de membrures en bois massif et d'une triangulation interne composée de fiches métalliques, appelées également « V métalliques », dont les extrémités sont assemblées à l'aide de connecteurs métalliques emboutis. Des potelets en bois massif sont disposés au niveau des appuis.

Les poutres POSI sont destinées à la réalisation :

- De structures de plancher (en tant que solives, poutres porteuses ou secondaires) ;
- D'élément porteur support d'étanchéité de toitures-terrasses et de support de couverture (en tant que chevron).

Les dimensions standardisées des poutres POSI avec du bois massif C24 sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1: Dimensions standardisées poutres POSI C24 (mm)

POSI	Hauteur totale (mm)	Section des membrures C24 (mm)
PS-8	198	95-120-145 x 45 ht
	228	100 x 60 ht
	248	110 x 70 ht
	268	120 x 80 ht
PS-9	221	95-120-145 x 45 ht
	251	100 x 60 ht
	271	110 x 70 ht
	291	100-120 x 80 ht
PS-10	249	95-120-145 x 45 ht
	279	100 x 60 ht
	299	110 x 70 ht
	319	100-120 x 80 ht
PS-12	300	95-120-145 x 45 ht
	330	100 x 60 ht
	350	110 x 70 ht
	370	100-120 x 80 ht
PS-14	369	95-120-145 x 45 ht
	399	100 x 60 ht
	419	110 x 70 ht
	439	100-120 x 80 ht
PS-16	417	95-120-145 x 45 ht
	447	100 x 60 ht
	467	110 x 70 ht
	487	100-120 x 80 ht

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Élément en V métalliques

Les poutres triangulées bois/métal bénéficient d'une Évaluation Technique Européenne (ETE) émise dans les conditions prévues par l'EAD-130031-00-0304.

Les éléments en V métalliques sont des pièces en acier forgé à froid par pressage, composés d'acier de construction S235, la tôle utilisée a une épaisseur d'un millimètre.

Les bobines métalliques servant à la fabrication des éléments en V métallique POSI sont recouvertes d'un revêtement de zinc par immersion à chaud Z275 tel que défini dans la norme EN 10346.

Un élément en V métallique est composé de deux parties qui sont symétriques. Chaque moitié de V contient aux extrémités des zones connectées servant à fixer sur les membrures bois cf. Figure 1 – (2) et (3).

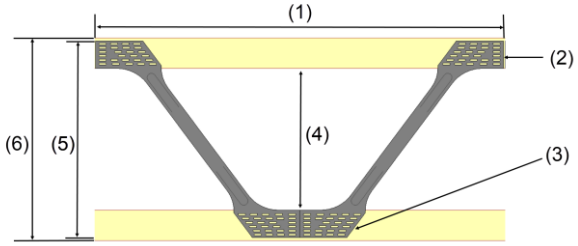


Figure 1: Représentation des zones connectées

Les Éléments en V métalliques ont une ligne de séparation matricée au centre, séparant l'élément en V métallique en deux moitiés soit un demi-V.

Les éléments en V métalliques POSI se déclinent en sept tailles : PS-8, PS-9, PS-10, PS-10+, PS-12, PS-14 et PS-16. La mention "PS" correspond à l'acronyme de "POSI", et tandis que les numéros indiquent la hauteur totale de la poutre en pouce. La hauteur est basée sur des dimensions de membrures disposées à plat d'une épaisseur de 45 mm.

Les plans des différents éléments en sont présentés en annexe. Les caractéristiques géométriques sont définies au Tableau 2.

Tableau 2: Dimensions des éléments métalliques en V (mm)

Références	Longueur du V (1)	Hauteur de la poutre (6)	Hauteur sur V (5)	Hauteur entre les membrures (4)
PS-8	610	200	181	108
PS-9	605	225	206	131
PS-10	600	250	241	159
PS-10+	600	254	241	159
PS-12	605	300	292	210
PS-14	728	355	352	279
PS-16	716	406	402	327

2.2.2.2. Membrures

Le bois utilisé pour réaliser les membrures d'une poutre POSI sont en bois massif et les bois massif aboutés répondant aux normes NF EN 14081-1et NF EN 15497.

Les classes de résistance sont C18 à C30 selon la norme NF EN 338. Les dimensions usuelles à 20% sont 47x72, 47x 97, 47x122, 47x147. À titre informatif, les épaisseurs sèches sont : 45x70, 45x95, 45x120 et 45x145, cette liste est non exhaustive.

2.2.2.3. Blocs

Les blocs sont réalisés en bois massif, en bois lamellé-collé conforme à la norme NF EN 14080, ou en LVL conforme à la norme NF EN 14374. Les classes de résistance autorisées vont de C18 à C30, conformément aux exigences de la norme NF EN 338. Les fibres du bois doivent être orientées parallèlement aux membrures.

Les blocs doivent avoir une hauteur de 108, 131, 159, 210, 279 et 327 mm correspondant à l'espacement entre les membrures, tel que spécifié dans le Tableau 2. Leur longueur minimale est de 330 mm. Pour éviter un retrait dimensionnel, l'humidité des bois doit être limitée à 15 %. Le bloc est modélisé par un système de maillage dans la poutre comme décrit dans le chapitre 2.3.5.

2.2.2.4. Organes de fixation

Fixations de type tige

Les organes de fixation métalliques de type tige utilisés pour l'assemblage des poutres POSI avec d'autres éléments bois de l'ouvrage font l'objet d'un marquage CE selon NF EN 14592 ou d'un ETE visant les matériaux composants la poutre et le matériau auquel elle est assemblée.

Pour les vis auto-foreuses, on privilégiera celles disposant d'une pointe optimisée pour permettre une insertion sans pré-perçage et bénéficiant d'une ETE permettant des pinces réduites dans ce cas.

Fixation aux murs

Les organes de fixation dans les supports béton font l'objet d'une ETE selon l'EAD 330232-00-0601 (ex. ETAG 001). Pour les organes de fixation dans les supports béton, la liaison du cône béton avec la structure doit être assurée avec un ferraillage suivant le schéma bielle-tirant conformément à la norme NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale.

Fixation de connecteurs 3d (sabot, équerre…)

Les structures de plancher ou toiture à base de poutres POSI peuvent intégrer les connecteurs métalliques tridimensionnels.

Les connecteurs tridimensionnels devront notamment :

- être titulaire d'un ATE selon l'ETAG 015 ou d'une ETE basée sur un DEE ayant l'ETAG 015 comme référence ;
- être marqués CE ;
- être adaptés à la Classe de Service et la Classe d'Emploi de l'ouvrage en plancher ou en toiture suivant la géométrie de la poutre POSI considéré.

2.2.2.5. Potelets et fiches

Les potelets et les fiches répondent aux mêmes exigences que les membrures en termes de dimensions, de classe mécanique et de matériaux. Les potelets sont généralement disposés verticalement dans la poutre POSI, tandis que les fiches assurent la liaison entre les nœuds de la triangulation.

2.2.2.6. Panneaux

Les panneaux en bois à usage structurel sont tenus de respecter des critères techniques précis :

- avoir un marquage CE selon NF EN 13986 ou NF EN 14374 (ou ETE) ;
- être adaptés à la Classe de Service et la Classe d'Emploi de l'ouvrage en poutres en I considéré ;
- conformer aux exigences du DTU 51.3 ;
- se conformer aux exigences de la NF EN 1995-1-1 pour la fonction de diaphragme. On privilégiera les panneaux aux rives usinées aux 4 faces (rainures et languettes).

2.2.2.7. Plaque métallique emboutie (connecteur)

Les connecteurs utilisés doivent être de la marque MiTek de type M20, M20H ou M16H. Ils sont conformes aux normes EN 1075 et NF EN 14545. La longueur des dents doit être adaptée à l'épaisseur des bois à assembler. Les caractéristiques liées à l'usage, à la résistance mécanique, à la galvanisation et aux épaisseurs minimales sont détaillées dans la Déclaration de performance (DOP)

2.2.2.8. Raidisseur

Les raidisseurs sont réalisés en bois massif ou en bois massif abouté, conformément à la norme EN 15497. Pour les poutres d'une hauteur inférieure à 300 mm, la section des raidisseurs est de 35 × 95 mm ; pour les hauteurs supérieures, elle est de 45 × 145 mm. La classe de résistance du bois utilisé est au minimum C24, conformément à la norme NF EN 338.

Le raidisseur permet de maintenir la verticalité et, dans le cas des planchers, de répartir les efforts ponctuels afin de solliciter plusieurs solives. L'efficacité de cette contribution dépend de l'inertie et du nombre d'éléments concernés.

Les raidisseurs sont placés dans les poutres POSI et dans les chevrons POSI. Ces éléments continus assurent le maintien des poutres grâce à une lisse traversante fixée sur les potelets. La fixation minimale se compose de deux pointes crantées, dont les dimensions varient selon l'épaisseur des éléments. Par exemple, pour des raidisseurs de 36 mm d'épaisseur, deux pointes annelées de 2,8 × 75 mm sont nécessaires ; pour des éléments de 45 mm, des pointes annelées de 3,1 × 90 mm sont requises.

Ces valeurs sont indicatives et doivent être adaptées en fonction des efforts réellement transmis voir §2.3.9. Les extrémités des barres sont ancrées à un point fixe de la structure afin d'assurer le transfert des efforts, au moyen d'assemblages adaptés au support (mur, ossature, contreventement, etc.).

Un entraxe maximal de 4 mètres est respecté pour la pose de la lisse/raidisseur (cf Figure 2). Cette valeur correspond à la distance maximale autorisée entre deux points d'appui ou tout autre dispositif de maintien.

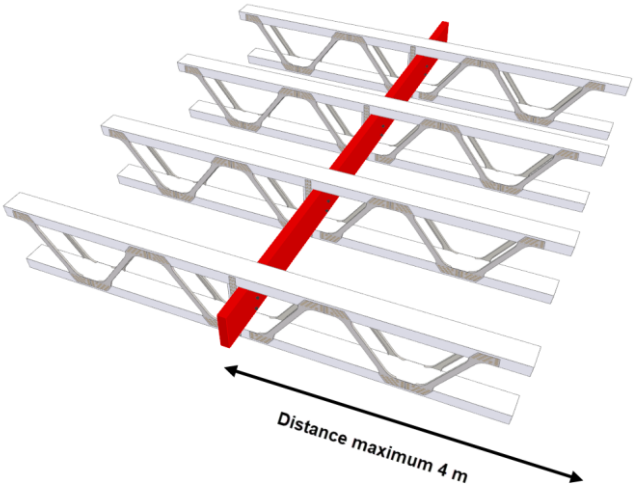


Figure 2 : Position du raidisseur dans le procédé POSI

En cas de nécessité d'aboutage du raidisseur, celui-ci peut être réalisé par deux moyens :

- le croisement de deux raidisseurs sur au minimum deux poutres (cf Figure 63) ;
- l'ajout d'un moise de liaison d'une longueur équivalente à un entraxe (cf Figure 64).

2.2.3. Caractéristiques des poutres

2.2.3.1. Description

Une poutre POSI est caractérisée par sa longueur, sa hauteur, la dimension de ses membrures et leurs classes mécaniques, les potelets et par la référence de l'élément en V métallique.

Les éléments en bois des poutres POSI comprennent la membrure supérieure, la membrure inférieure (cf. Figure 3-(1)) ainsi que les potelets en bois (voir Figure 3-(2)), assemblés au moyen de connecteurs en plaques métalliques embouties (voir Figure 3-(4)).

La triangulation complète s'obtient en reliant les membrures par des éléments en V métalliques POSI (cf. Figure 3-(3)) à l'aide d'assemblage par connecteurs en plaque métalliques emboutis (cf. Figure 3-(3)). Les V métalliques sont disposés en deux rangées, l'une face avant et l'autre face arrière. Chaque V est positionné avec une tolérance de 2 mm par rapport à sa position théorique. Une tolérance cumulée de 4 mm est admise entre les deux faces de la poutre.

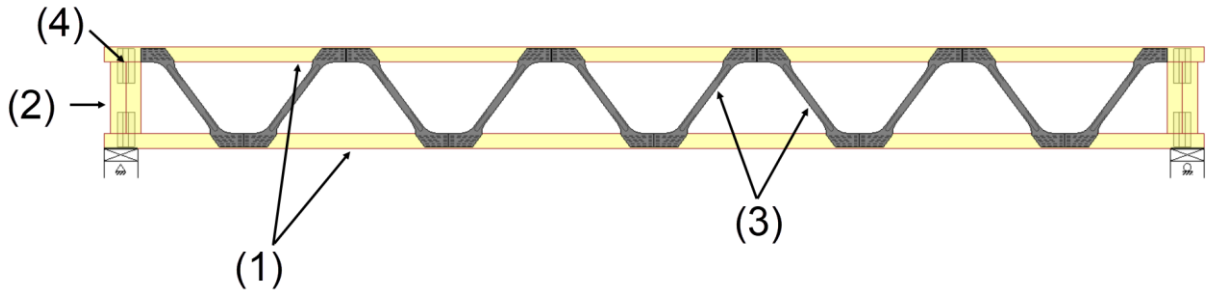


Figure 3: Géométrie d'une poutre POSI

Les V métalliques sont positionnés de manière à ne pas augmenter l'épaisseur de la poutre, de sorte que leur encombrement soit contenu dans le volume interne de la poutre à l'exception de l'épaisseur de la partie connectée de 1 mm (cf. Figure 3). Les V métalliques sont placés (voir Figure 3).

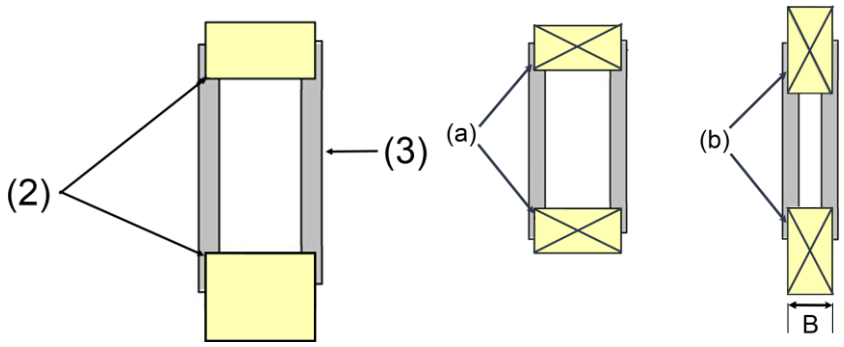


Figure 4: Vues en coupe d'une poutre POSI

La distance entre les membrures d'une poutre POSI varie en fonction de la gamme du V métallique entre 108 et 327 mm.

Les bois peuvent-être disposés à plat ou sur chant (cf Figure 4 (a) et (b)).

La largeur minimale des membrures est 35 mm.

L'aire minimum des membrures doit être au moins égale à 2 000 mm².

2.2.3.2. Dispositions des éléments métalliques

Afin de répondre à certaines exigences structurelles, il est nécessaire de doubler les éléments V métalliques.

Pour doubler un V métallique, des moitiés d'éléments sont disposées de part et d'autre du V initial (cf Figure 28).

La longueur de la poutre n'étant pas un multiple de celle d'un V métallique, il est possible d'introduire un espacement entre les V métalliques (cf Figure 31).

La triangulation peut être localement interrompue avec un potelet de bois vertical fixé à équidistances des V métalliques les plus proches (cf. Figure 29). La distance maximale entre le centre du poteau et le connecteur le plus proche est égale la moitié de la longueur du V métallique utilisé (cf. Figure 29)

Lorsque les efforts transmis sont très faibles, il est possible de disposer les éléments en V métalliques de manière à former une triangulation alternée. Celle-ci est obtenue en plaçant les éléments en V de façon alternée de part et d'autre de la poutre.

Cependant, ce type de triangulation est interdit au droit des appuis ou en présence d'une charge ponctuelle. Dans ces cas, la capacité portante des V POSI doit être réduite : il convient alors d'utiliser les valeurs réduites indiquées dans le Tableau 9 et Tableau 10.

2.2.3.3. Disposition des baies

La triangulation peut aussi être interrompue par deux potelets, créant ainsi une ouverture libre rectangulaire, appelée baie. La distance entre les potelets ne doit pas dépasser la longueur du V métallique utilisé (cf. Figure 30).

Cette distance est comprise entre 616 et 700 mm et est fonction du type de V POSI constituant la poutre. La baie est située de préférence dans la zone centrale de la poutre, où les sollicitations sous effort tranchant sont faibles. La baie permet le passage de gaines et de conduits ; il est également conseillé de fixer les raidisseurs contre un des potelets de la baie.

Dans toutes les circonstances, il est nécessaire de procéder à une vérification rigoureuse de la compatibilité entre la présence de la baie et la nature des charges appliquées.

2.2.3.4. Aboutage des membrures

Les joints d'aboutage entre les membres se font avec des plaques métalliques embouties. Ces assemblages sont calculés conformément à la norme NF EN 1995-1-1 chapitre 8.8 et aux prescriptions de la norme NF DTU 31.3. Le placement de ces connecteurs doit être conforme à la norme EN 14250.

L'intégration d'un joint d'aboutage est requise si la longueur du bois approvisionné est inférieure à la longueur totale de la poutre. Ces assemblages sont réalisés en usine selon les règles suivantes :

- Quantité : un joint d'aboutage maximum pour la membrure haute, la membrure basse et le connecteur ;
- Positionnement : disposition en quinconce obligatoire afin de ne pas regrouper les joints d'aboutage du même côté de la poutre ;
- Dimensionnement : la plaque de liaison doit présenter une longueur minimale de 200 mm.

2.2.3.5. Charges ponctuelles appliquées aux membrures

Lorsqu'une charge ponctuelle est appliquée, la poutre se comporte comme un système treillis, sollicitant les diagonales des connecteurs en V POSI en traction et en compression. Les éléments barres sont tous systématiquement vérifiés conformément la norme NF EN 1995-1-1. Il en va de même pour les critères de flèches pour les vérifications locales sous chargement ponctuel qui sont issus de cette même norme.

Ces charges peuvent être appliquées :

- Sur la membrure supérieure (sur le dessus) : charges appliquées directement, par exemple le poids d'une cloison ;
- Sur la membrure inférieure ou supérieure (charges suspendues) : charges d'équipements tels que des gaines VMC, des chevêtres ou des plafonds suspendus ou modulaires.

Un renforcement local est nécessaire si la charge ponctuelle excède 2 kN, si la capacité de résistance du V est dépassée, ou si la capacité de la membrure dépasse les limites admissibles conformément aux §2.3.5 et §2.3.7.

Si la capacité de résistance du V est dépassée, ou si la contrainte en flexion excède les limites admissibles de la membrure, un renforcement local devient nécessaire. Plusieurs solutions peuvent être envisagées pour renforcer localement la poutre :

- Adapter la triangulation de la poutre afin de faire coïncider le point de chargement avec un nœud de triangulation permet de réduire le moment de flexion dans les membrures ;
- Ajouter un bloc de renfort au droit de la charge afin d'augmenter localement la capacité portante de la poutre.

Dans tous les cas, une nouvelle vérification est impérative, incluant : la vérification des contraintes locales en flexion, cisaillement et traction perpendiculaire, ainsi que l'analyse de la déformation locale et de la déformation différentielle par rapport aux poutres voisines non chargées conformément à la norme NF EN 1995-1-1.

Les poutres POSI soumises à une charge ponctuelle doivent être constituées de V métalliques sur toute leur longueur, de part et d'autre de la poutre et de façon symétrique. La triangulation alternée des V est donc interdite dans ce cas.

2.3. Dispositions de conception et de dimensionnement

Le comportement mécanique des poutres POSI s'apparente à celui d'un treillis, avec des modules de glissement correspondant à la triangulation métallique.

2.3.1. Principes

2.3.1.1. Dimensions des conduits traversants

La conception des poutres POSI permettent l'insertion de conduits entre les membrures. Le Tableau 3 donne les dimensions maximales possibles des insertions suivant la géométrie des conduits.

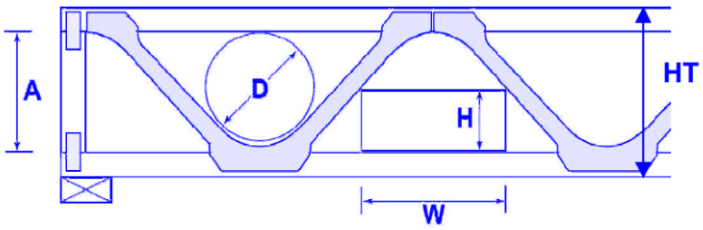


Figure 5: Section de conduits insérés dans la poutre POSI

Tableau 3: Section des conduits insérable dans la poutre POSI

Poutre POSI	Hauteur (mm) A entre les membrures	Cercle de diamètre D (mm)	Carré (mm)	Hauteur de la réservation H (mm)										
				50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
				Largeur de la réservation W (mm)										
PS-8	108	105	95	265	180	90								
PS-9	131	124	115	310	240	180	100							
PS-10	159	150	135	320	270	210	160	80						
PS-12	210	190	155	350	310	260	210	160	110	70				
PS-14	279	250	200	490	440	390	350	300	250	200	160	110	60	
PS-16	327	272	220	510	470	430	390	340	300	260	220	170	130	90

2.3.1.2. Renforts de la poutre

2.3.1.2.1. Bloc

Lorsque le dimensionnement des éléments POSI le nécessitent (par exemple aux appuis d'extrémité ou intermédiaires), il est possible de dimensionner des blocs de renforts.

Les blocs de bois peuvent être insérés entre les deux membrures pour augmenter localement la résistance en cisaillement des poutres POSI (cf Figure 6).

L'ajout de ce bloc modifie le modèle numérique en y intégrant un maillage de barre représentant le bloc ainsi que la raideur des assembleurs cf. §2.3.6.

Le bloc est vérifié en tant que barre périphérique selon les calculs aux États Limites Ultimes (ELU) et aux États Limites de Service (ELS).

La résistance de fixation du bloc doit être vérifiée comme suit :

Les pointes doivent être vérifiées conformément à l'EN 1995-1-1, § 8.3.1.1 et 8.3.1.2. Seules les pointes annelées et torsadées, telles que définies dans l'EN 14592, sont autorisées pour la fixation des blocs. Les pointes sont posées sans pré-perçage, en

respectant les espacements indiqués dans le tableau 8.2. La longueur de pénétration (t_{pen}) doit être au moins égale à 10 fois le diamètre de la pointe (10 d). Les résistances $f_{ax,k}$et $f_{head,k}$sont déterminées soit par essais selon EN 1382, EN 1383 et EN 14358.

Les § 2.3.1.2.1.1 et 2.3.1.2.1.2 donnent la configuration minimale pour la fixation des blocs en fonction de la largeur des membrures.

2.3.1.2.1.1. Fixation des blocs d'extrémité – Détail d'exécution

Lorsque les membrures de la poutre ont une largeur de 70 mm à 95 mm, le bloc d'extrémité est composé (cf. Figure 35) :

- d'un élément bois de 45 mm d'épaisseur et de 330 mm minimum de longueur.
- fixé par 6 pointes par membrure, de type crantées ou torsadées 3,1 x 90 mm.
- L'espacement entre pointes est de 15d conformément au Tableau 8.2 de l'EN 1995-1-1.

Lorsque les membrures de la poutre ont une largeur de 120 mm à 145 mm, le bloc d'extrémité est composé (cf. et Figure 36) :

- de 2 bois de 45 mm d'épaisseur et de 330 mm minimum de longueur.
- fixés par 12 pointes par membrure, 2 lignes de 6 pointes, de type crantées ou torsadées de 3,1 x 90mm.
- L'espacement entre pointes de 15d.
- Ces éléments peuvent être remplacés par un seul bois de 90mm d'épaisseur, toujours fixés par 12 pointes par membrure.

2.3.1.2.1.2. Fixation des Blocs d'appui intermédiaires – Détail d'exécution

Lorsque les membrures de la poutre ont une largeur de 70mm à 95 mm, le bloc intermédiaire est composé (cf. Figure 37) :

- d'un élément bois de 45 mm d'épaisseur et de 400mm minimum de longueur.
- fixé par 7 pointes par membrure, de type crantées ou torsadées 3,1 x 90mm.
- l'espacement entre pointes de 15d conformément au Tableau 8.2 de l'EN 1995-1-1.

Cas des membrures larges de 120mm et 145mm, le bloc intermédiaire est constitué (cf. Figure 38):

- 2 bois de 45 mm d'épaisseur et de 400mm minimum de longueur.
- fixés par 14 pointes par membrure, 2 lignes de 7 pointes, de type crantées ou torsadées de 3,1 x 90mm.
- l'espacement entre pointes de 15d conformément au Tableau 8.2 de l'EN 1995-1-1.
- Ces éléments peuvent être remplacés par un seul bois de 90mm d'épaisseur, toujours fixés par 14 pointes par membrure.

2.3.1.3. Charge localisée entre poutres

Le panneau doit être renforcé localement conformément au CPT 3768, §3.6.4

Lorsqu'une cloison légère intermédiaire se situe entre deux poutres POSI, des entretoises doivent être placées à l'aide de supports métalliques entre les deux poutres le long de la cloison pour leur transmettre les efforts. Cette situation ajoute des charges localisées sur les deux poutres.

Au niveau d'un mur parallèle au solivage principal (par exemple mur de pignon), lorsque la largeur du mur supérieur excède 2,5 fois l'épaisseur de la planche de rive, une solive supplémentaire est positionnée alignée ou à l'axe du nu intérieur du mur (cf. Figure 57), afin d'éviter une déformation excessive du panneau.

2.3.2. Modélisation de la poutre POSI

La conception des poutres POSI s'exécute sur le logiciel PAMIR permettant d'avoir une visualisation en 3D, la modélisation et le dimensionnement est en 2D.

Les bois sont modélisés par une barre ayant les propriétés mécaniques du bois en tenant compte de l'orientation axiale et transverse. Les connecteurs métalliques sont modélisés selon le DTU 31.3 § 5.

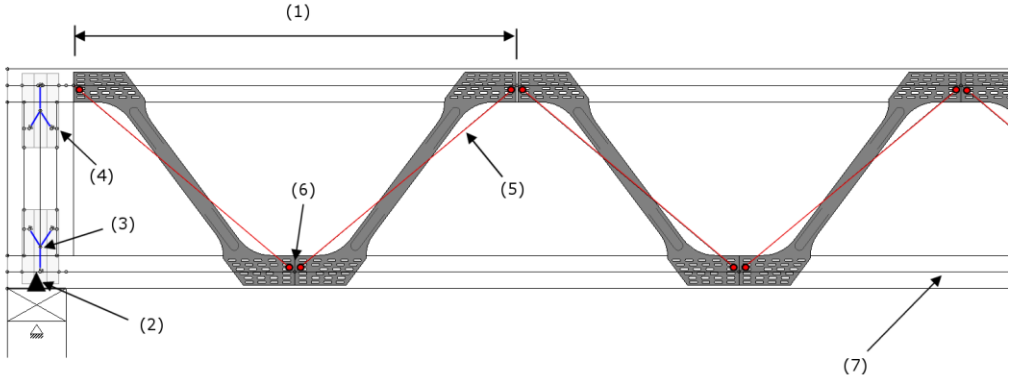


Figure 6 : Exemple de la représentation schématique de la modélisation avec prise en compte des excentricités

1. V posi constituée de 2 demi-V
2. Représentation de l'appui
3. Modélisation de la plaque métallique emboutie et des raideurs associées
4. Barre fictive
5. Ligne d'épure du V posi
6. Raideur axial associé au V posi
7. Ligne d'épure de la membrure

Les V métalliques sont caractérisés par un module de glissement qui est défini pour la classe de bois de référence C27. Pour les autres classes, un facteur d'ajustement fonction de la masse volumique caractéristique de l'autre classe est introduit. Les modules de glissement kser des V métalliques sont donnés dans les Tableau 4 et Tableau 5 .

Des ressorts directionnels aux nœuds des fiches métalliques simulent le glissement entre les fiches et le bois.

Modules caractéristiques de glissement k_{ser}

Pour une classe de bois différente de C27 le module de glissement de classe différente est égal au module de la classe C27 de référence multipliée par le facteur d'ajustement suivant :

$$adj_{factor} = (\frac{\rho_{k,usedWood}}{\rho_{k,TR26}})^{0.5},$$

Avec $\rho_{k,usedWood}$ la masse volumique caractéristique de la classe de bois utilisée selon la NF EN 338 et $\rho_{k,TR26} = 370kg/m^3$.

Les différentes valeurs de module k_{ser} ainsi déterminées sont définies dans les tableaux suivants :

Tableau 4 : Module caractéristique de glissement K_{ser} fonction de la triangulation

Référence du V	Annotation	PS8	PS9	PS10	PS10+	PS12	PS14	PS16
Distance entre les membrures (mm)		108	131	159	159	210	279	327
Module de glissement moyen caractéristique aux nœuds – V métalliques simples (N/mm)	$K_{ser,SW}$	45000	44700	37000	46000	27900	18900	19900
Module de glissement moyen caractéristique aux nœuds – V métalliques double (N/mm)	$K_{ser,DW}$	43400	52700	25200	32700	18900	16200	21700

Tableau 5 : Module caractéristique de glissement K_{ser} pour une triangulation alternée

Référence du V	Annotation	PS8	PS9	PS10	PS10+	PS12	PS14	PS16
Distance entre les membrures (mm)		108	131	159	159	210	279	327
Module de glissement moyen caractéristique aux nœuds – V métalliques simples (N/mm)	$K_{ser,SW}$	22500	22350	18500	23000	13950	9450	9950
Module de glissement moyen caractéristique aux nœuds – V métalliques doubles (N/mm)	$K_{ser,DW}$	21700	26350	12600	16350	9450	8100	10850

2.3.3. Calcul des connecteurs à plaques métalliques embouties

Seuls les connecteurs de la marque MITEK de type M20, M20H ou M16H sont compatibles avec l'utilisation des poutres POSI. Le type de connecteur, l'épaisseur de la tôle ainsi que la longueur des dents doivent être adaptés à la géométrie de la poutre et aux efforts transmis.

L'analyse des connecteurs doit être conforme à la réglementation en vigueur et s'appuyer sur les documents suivants :

• NF EN 1995 : Eurocode 5

• NF EN 1075 : Structures en bois – Méthodes d'essai – Assemblages réalisés avec des connecteurs métalliques à plaque emboutie

• NF DTU 31.3 : Charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets

• NF EN 14250 : Structures en bois - Exigences des produits relatives aux éléments de structure préfabriqués utilisant des connecteurs à plaque métallique emboutie

• NF EN 14545 : Structures en bois - Connecteurs – Exigences

- Les valeurs caractéristiques et propriétés sont affichées dans les Déclarations de Performances, extraits donnés dans les ***Tableaux*** 11, ***Tableaux*** 12 et ***Tableaux*** 13, provenant de la partie consacrée à la performance.

2.3.4. Capacités mécaniques des V métalliques

Dans le cadre du calcul des efforts et de la vérification à l'état limite ultime (ELU), la modélisation reste similaire à celle employée pour l'état limite de service (ELS), bien que les raideurs soient ajustées via le coefficient Ku. Ce modèle permettra de déterminer les efforts transitant dans chacun des ½ V.

La capacité de conception d'un V métallique $f_{web,d}$ est calculée comme étant :

$$f_{web,d} = Min \begin{Bmatrix} f_{web\,,\,a,\,d} \\ f_{web\,,\,b,\,d} \end{Bmatrix}$$

Où :

- $f_{web\,,\,a,\,d}$est la capacité d'ancrage :

$$\frac{f_{web,a,k} \times k_{mod}}{\gamma_{m,timber}}$$

- $f_{web\,,\,b,\,d}$ est la capacité de flambement :

$$\frac{f_{web,b,k}}{\gamma_{m,acier}}$$

$f_{web,a,k}$est la valeur caractéristique d'ancrage donnée par les Tableau 7 et Tableau 9.

$f_{web,a,k}$est la valeur caractéristique de flambement donnée par les Tableau 8 et Tableau 10.

Les valeurs des coefficient modificatif k_{mod} et des coefficients partiels $\gamma_{m,timber}$ et $\gamma_{m,acier}$ suivent la norme NF EN 1995 et NF EN 1993.

2.3.5. Dimensionnement des éléments

Le dimensionnement du procédé s'effectue à l'aide du logiciel Pamir. Le logiciel est développé par la société MITEK et est principalement utilisé en Europe dans le domaine de la construction en bois, notamment pour les charpentes industrielles, les planchers et les murs à ossature bois. L'utilisation du procédé POSI est indissociable du dimensionnement réalisé à l'aide du logiciel PAMIR. Le logiciel n'est pas ouvert : les configurations sont prédéfinies afin d'éviter le dimensionnement d'éléments non conformes à la réglementation.

Il s'agit d'une solution intégrée et complète qui combine plusieurs fonctionnalités essentielles pour la conception et la fabrication :

- Dessin (CAO - Conception Assistée par Ordinateur) ;
- Calcul ;
- Gestion des plans de fabrication et export machine.

Le logiciel permet de vérifier la résistance mécanique et la déformation des éléments constituant la poutre POSI — tels que les potelets, membrures, blocs, panneaux et détails d'extrémité. Sa modélisation prend en compte l'ensemble des composants et permet de contrôler les sollicitations conformément à la norme NF EN 1995-1-1.

Les vérifications intègrent notamment la :

- Prise en compte du k,h
- Prise en compte de la réduction de la section dites « sec », section à 12%H, voir NF EN 1995-1-1/NA clause 3.2 (1)
- Prise en compte des entailles et de la réduction de section pour le calcul du cisaillement et l'inertie, § 6.5.2 de la NF EN 1995-1-1

Contrôle de section :

- La vérification inclut les effets combinés de compression et de flexion, ainsi que les risques de flambement et de déversement, conformément à la norme NF EN 1995-1-1:2004+A1:2008+A2:2014 et à ses équations de dimensionnement de référence (6.19), (6.23), (6.24), (6.35) ;
- La vérification inclut les effets combinés de traction et flexion, vérification des équations (6.17), (6.35)
- Vérification au cisaillement chapitre 6.1.7, (6.13)
- Vérification de la traction perpendiculaire chapitre 8.1.4 (8.4)
- Vérification de la contrainte sous appui, EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014 chapitres 6.1.5
- Calcul du facteur d'instabilité pour une membrure est basé sur (6.25) et (6.26)

Contrôle de la déformation :

Le moment, l'effort tranchant, la réduction de section (inertie) en cas d'entailles, ainsi que les coefficients de fluage spécifiques aux matériaux qui peuvent varier (k_{def}), La raideur des assemblages (ku) telle que définie dans le chapitre 2.2.2 de la norme NF EN 1995-1-1, le module d'élasticité (soit E_{mean} et G_{mean}, tel que défini dans la norme NF EN 1995-1-1 chapitres 2.3.2.2 équations 2.7 à 2.12)sont pris en compte dans le calcul de déformations. Le nombre d'assemblage et leurs positions sont aussi considérés, ce qui implique un processus de calcul itératif. Si des excentricités d'assemblages par rapport à la fibre neutre de la membrure existe, elles sont aussi intégrées dans le calcul par l'ajout de barres fictives dotées d'une raideur.

2.3.6. Modélisation des blocs

Le bloc a pour fonction d'augmenter localement la résistance au cisaillement. Le bloc est modélisé par un maillage présentant une barre bois, reliée à des barres fictives de contact, placées tous les 44 mm, correspondant à l'emplacement des pointes de fixation. Les barres de contact sont positionnées à chaque rangée de fixation, ces barres ont un module axial égal à E90 et un module transversal égal à G. Ces barres sont articulées aux deux extrémités.

Les blocs font l'objet des mêmes vérifications que les éléments en bois détaillés dans le chapitre 2.3.5. En raison de leurs dimensions (épaisseur et hauteur), ils présentent une faible sensibilité au flambement. Si la résistance des assemblages est insuffisante, il est possible d'augmenter la longueur des blocs pour y ajouter des rangées de points d'assemblage supplémentaires. En cas de modification géométrique, la modélisation est mise à jour pour y intégrer un nouveau maillage, et les rigidités associées.

Les blocs ajustables, la longueur minimale après découpe est de 330 mm, le nombre de fixations doivent rester conformes aux spécifications minimales décrites (cf. 2.3.1.2).

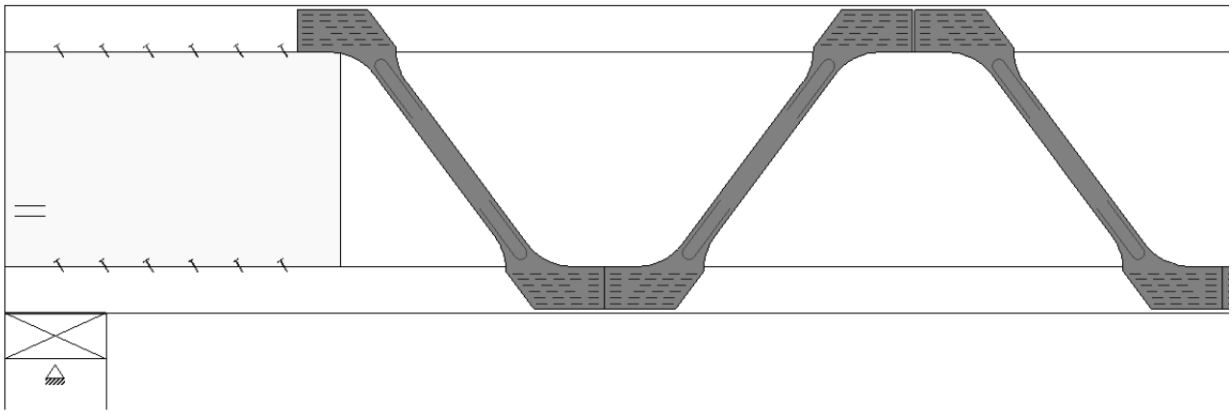


Figure 7 : Bloc d'appui

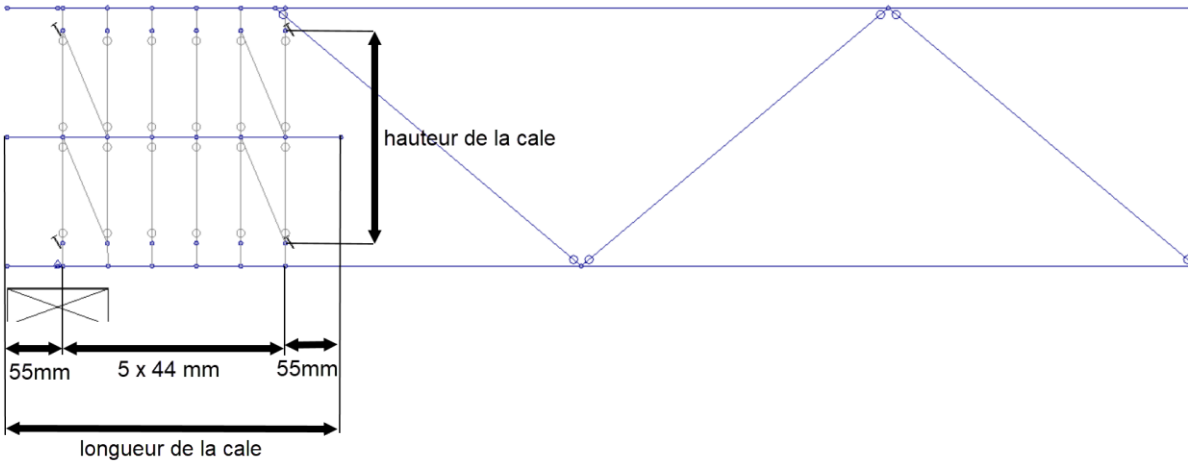


Figure 8 : Modélisation du bloc par des éléments de type barres

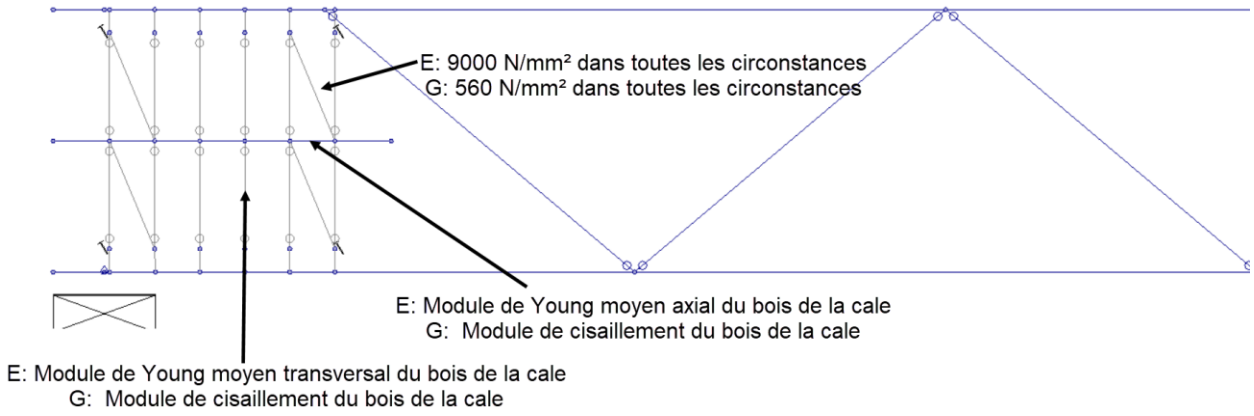


Figure 9 : Propriétés mécaniques du bloc

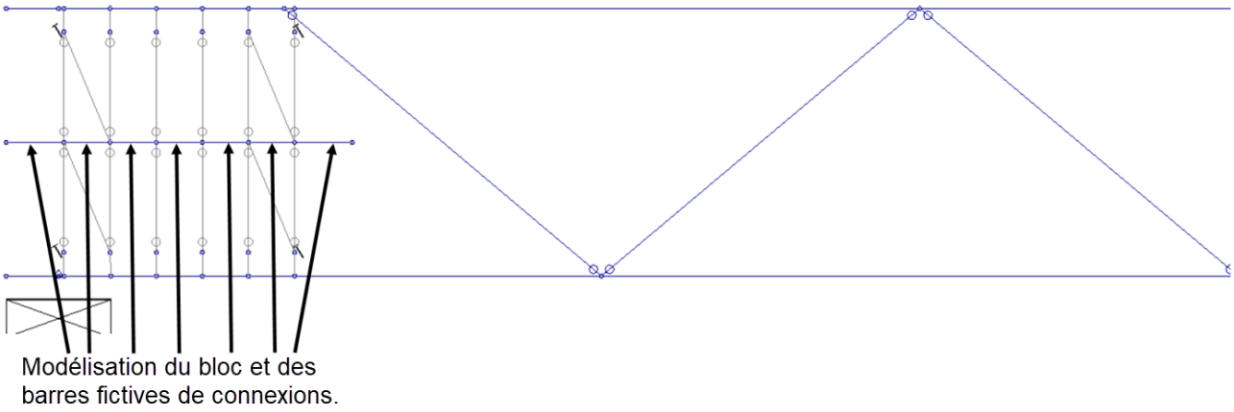


Figure 10 : Propriété mécanique utilisée pour le bloc

2.3.7. Vérification des déformations

La méthode de calcul de la déformation en ELS est décrite dans le §2.3.5, Les critères de déformation sont distingués en deux catégories : structures de plancher et structures de toiture. Pour la toiture, les poutres POSI étant un système de treillis, les critères définis dans le DTU 31.3 s'appliquent.

Cas particulier d'utilisation en chevron :

Les critères de flèche sont identiques au DTU 31.3 basé sur la norme NF EN 1995-1-1/NA, clause 7.2(2) :

- $W_{net,fin} \leq L/200$ pour les arbalétriers, les entraits et le déplacement vertical d'un nœud de triangulation ;
- $W_{net,fin} \leq$ MAX { L/100 = 2.L/200 ; 6 mm } pour console et appui en flexion
- $W_{net,fin} \leq L/150$ pour chaque travée individuelle d'un arbalétrier sur plus de 2 appuis ;
- $W_{inst,Q} \leq L/300$ pour tous les éléments ; et précise les déplacements limites des nœuds :
- $W_{net,fin} \leq$ 12 mm pour le déplacement horizontal d'un nœud de de triangulation ;
- $W_{fin} \leq$ MIN { L/400 ; 12 mm } pour qu'une poutre puisse être considérée comme appui d'une autre.

Dans le cas d'une toiture de faible pente ≤ 6 % (3,5°) une attention particulière doit être portée vis-à-vis de la déformation, afin d'éviter que celle-ci ne vienne modifier de manière défavorable l'écoulement des eaux vers les évacuations prévues.

Cas particulier d'utilisation en plancher intermédiaire :

Les limites de flèches sont prises conformément aux dispositions des §3.4.1, §4.4, §5.4 du CPT 3768, en veillant toutefois à limiter la flèche active des planchers comme suit :

En présence d'un revêtement de sol fragile ou de cloisons fragiles, la flèche active doit être limitée conformément aux exigences normatives. En l'absence de prescriptions spécifiques, les recommandations relatives à la limitation des flèches nuisibles définies dans le FD P18-717 sont appliquées, à savoir :

- Soit à la limite fixée par norme ou DTU correspondants, si disponible ;
- Soit au 1/500e de la portée L lorsque L ≤ 5,0 m
- 0,5 cm + L/1000 lorsque L > 5,0 m.

En l'absence de revêtement de sol fragile et de cloisons fragiles, la flèche active est limitée aux valeurs suivantes :

- Soit à la limite fixée par norme ou DTU correspondants, si disponible ;
- Soit au 1/350^{e} de la portée L lorsque L ≤ 7,0 m
- 1,0 cm + L/700 lorsque L > 7,0 m.

2.3.8. Vérifications particulières relatives aux parois horizontales

2.3.8.1. Vérification du critère vibratoire (plancher)

À l'ELS, le critère vibratoire des planchers doit être vérifié selon le §3.4.2 et l'Annexe E du CPT 3768.

2.3.8.2. Isolation Acoustique (plancher)

Évaluation des performances acoustiques et détermination des critères associés ; se reporter au § 2.7 et au CPT 3768.

2.3.9. Vérification de la stabilité (plancher et toiture)

On procèdera à une analyse séparée du phénomène d'instabilité dans la membrure haute et la membrure basse, selon les différentes configurations de chargement. Pour limiter le flambement ou le déversement hors plan des poutres, on ajoutera un entretoisement ou des raidisseurs fixés à la triangulation interne de la poutre. Les efforts dans les éléments de contreventement sont déterminés selon le §9.2.5 de la norme NF EN 1995-1-1 ainsi que selon le tableau 9.2 de la norme NF EN 1995-1-1/NA.

Les efforts peuvent résulter de différents cas de charges conduisant à des actions horizontales (charges permanentes, charges climatiques telles que la neige et le vent, actions sismiques), ou être liés à des phénomènes d'instabilité (déversement, flambement). Les efforts transférés par les poutres dans l'entretoisement ou les raidisseurs/lisses devront être repris par des points d'appui résistants et rigides. Il y a donc lieu de vérifier la capacité de l'entretoisement à reprendre l'effort axial cumulé engendré. Si une ou plusieurs barres sont en compression, on détermine l'effort de maintien conformément à la norme NF EN 1995-1-1, chapitre 9.2.5.2. Une fois cet effort identifié, on choisit le dispositif approprié : poutre au vent, système en K, etc. Si les efforts se cumulent, on vérifie chaque attache et chaque assemblage jusqu'au point dur.

Ces éléments de maintien sont solidement fixés au chaînage par des dispositifs (tels que des ferrures, un clouage ou un vissage dans une pièce de bois solidaire du chaînage, ou dans un élément rigide horizontalement comme une poutre au vent, un diaphragme, etc.).

2.3.9.1. Stabilité hors plan de la poutre (z-z) :

La longueur de flambement et déversement dépend de la distance entre les points de maintien latéral, y compris les appuis.

Les zones de compression dépendent du nombre d'appui et/ou de la présence de porte-à-faux ainsi que de la possibilité d'une inversion de chargement, par exemple un soulèvement au vent pour les chevrons.

Pour les planchers POSI, tous les nœuds de triangulation de la membrure haute sont maintenus latéralement par la présence d'un panneau. Afin que le panneau assure sa stabilité, il doit répondre aux exigences ci-dessous :

- une fixation mécanique à chaque poutre POSI d'un ouvrage (solivage, charpente) à un intervalle resserré le long de la poutre (usuellement 150 mm ou 300 mm) ;
- La mise en œuvre des panneaux support de plancher conforme au DTU 51.3 ;
- Tout dispositif fixé mécaniquement à chaque poutre en POSI, transférant les efforts sur un point dur de la structure.

Dans tous les cas, le dispositif de maintien latéral quasi continu doit être appuyé sur un système capable de reprendre les efforts nécessaires au blocage du flambement/déversement.

Pour les chevrons POSI, la stabilité latérale dépend directement du système de contreventement mis en œuvre. Il est impératif de respecter les dispositions constructives prévues, les hypothèses de calcul étant alignées sur celles des fermes industrialisées, conformément à la norme NF DTU 31.3. Les éléments assurant le maintien des chevrons POSI sont :

- la mise en œuvre d'un feuillard métallique en diagonale et/ou croisé, en pose tendue et fixé mécaniquement aux points durs ;
- un lattage/contre-lattage avec feuillard de contreventement ;
- soit par mise en œuvre d'une poutre au vent telle que définie au DTU 31.1 ;
- un voligeage fixé à un point dur ;
- mise en œuvre d'une poutre de contreventement entre chevron de type B du défini dans la norme NF DTU 31.3 ;

- soit par mise en œuvre d'un panneau ou de lisse à usage structural fixé à l'ensemble des éléments de la structure de toiture et aux appuis périphériques, ayant une rigidité dans son plan qui permet de reprendre les efforts de contreventement, assimilable au panneau de plancher pour sa fonction de diaphragme.

Les dispositions ainsi que les règles de moyens ou de dimensionnement de la fonction de contreventement de toiture des DTU 31.1, 31.2 et 31.3 peuvent être appliquées aux toitures en poutres POSI, moyennant la prise en compte des éventuelles spécificités décrites dans le CPT 3768.

2.3.9.2. Stabilité dans le plan de la poutre (y-y) :

Il convient de se référer aux principes de détermination des longueurs de flambement définis pour les fermes triangulées, conformément au §9.2.1 de la norme NF EN 1995-1-1 et au §6.1.3 du NF DTU 31.3.

2.3.10. Vérifications en situation d'incendie

La poutre POSI seule ne peut fournir une résistance au feu suffisante à elle seule, la mise en œuvre d'un écran est donc requise pour satisfaire aux exigences de résistance au feu de la réglementation incendie.

Les solutions d'écran à même de satisfaire aux exigences de résistance au feu des parois horizontales pour le domaine d'emploi visé au §1.1 sont décrites dans le PV de Classement n°009196-B du CERIB.

2.3.11. Vérifications sous sollicitations sismiques

Les poutres POSI seules ne permettant pas d'assurer la stabilité de l'ouvrage vis-à-vis de l'action sismique. La réalisation d'un diaphragme nécessite la mise en œuvre de panneaux à base de bois fixés mécaniquement aux poutres.

Le principe de dimensionnement d'un plancher ou d'une structure de toiture en poutres POSI sous sollicitation sismique s'apparente en tout point à celui d'un plancher ou d'une toiture conforme aux NF DTU 31.1 et 31.2. Les prescriptions relatives à la conception et au dimensionnement des diaphragmes de toiture en poutres POSI sont décrites au § 6 du CPT 3768.

Les entraxes de solivages sont définis en fonction du calepinage et des dimensions des panneaux. Les panneaux sont posés en quinconce. Tous les bords de panneaux sont supportés par des éléments de poutraison ou des entretoises afin d'assurer la fonction diaphragme. Les panneaux sont vissés ou cloués. Les clous lisses sont exclus. Il convient de se reporter au chapitre « Dispositions relatives à l'utilisation sous sollicitation sismique » figurant au §6 du CPT 3768.

Les effets des actions sont calculés sur la base d'une analyse élastique linéaire conformément à la méthode des forces latérales équivalentes du §4.3.3.2 ou à la réponse modale du §4.3.3.3 de la norme NF EN 1998-1 selon la régularité en plan et en élévation du bâtiment.

Lorsqu'ils sont prévus en zone sismique, les planchers constitués de poutres POSI sont conçus afin de vérifier les points suivants garantissant la résistance de la structure face aux sollicitations sismiques :

- La fonction de tirant-buton horizontal est gérée par la poutraison secondaire, conformément aux dispositions du CPT 3768.
- L'effort de tirant-buton est déterminé par une analyse simplifiée de la poutre, soumise à des efforts sismiques alternés. Cette approche permet de dimensionner les membrures, les V métalliques (POSI), les assemblages ainsi que les fixations avec la lisse de chaînage.
- Le plancher remplit sa fonction de diaphragme horizontal, comme stipulé dans le CPT 3768.
- La lisse de chaînage doit être continue. Les efforts peuvent être évalués à l'aide de l'annexe B du CPT 3768.
- La couture entre le plancher et le mur en périphérie doit être réalisée avec un minimum d'une vis tous les 15 cm. Les efforts de cisaillement de chaque panneau peuvent être évalués en utilisant l'annexe C du CPT 3768.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

La conception et la mise en œuvre sont conformes aux NF DTU 31.1, 31.2, 31.3 31.4 et 51.3, complétée des dispositions du CPT 3768 et du présent avis. La mise en œuvre peut être effectuée par toute entreprise spécialisée dans la pose de charpentes en bois. Elle ne nécessite pas le recours à un outillage particulier.

2.4.1. Transport, stockage et manutention

Il convient de veiller au respect des recommandations données par MITEK dans son guide technique Système POSI.

Durant le stockage, tout contact des poutres avec le sol doit être évité. Les poutres POSI sont stockées verticalement et reposent sur des supports disposés sous les nœuds de triangulation.

Les poutres peuvent être empilées pour limiter l'espace occupé au sol. Dans le cas où les poutres sont empilées, des lisses d'appuis (1) sont espacés de 3 mètres maximum, les potelets d'extrémité (2) sont placés de préférence au-dessus d'un nœud, comme illustré ci-dessous, Figure 11.

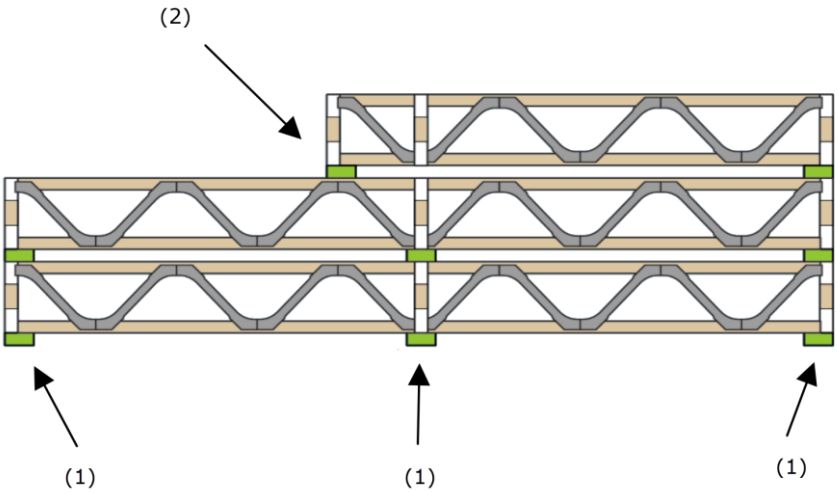


Figure 11 : stockage des poutres

Durant la manutention, les poutres POSI doivent être maintenues verticalement. La manutention se fera au niveau des nœuds de triangulation (cf. Figure 34).

Il est préconisé d'utiliser une élingue en tissu pour le levage. Les chaînes ou câbles métalliques, susceptibles d'endommager les poutres, doivent être évités. Les deux points de levage recommandés doivent être placés à égale distance du centre de gravité et l'angle entre les deux élingues doit former 60°.

Les poutres POSI doivent être protégées avec des bâches de protection contre les intempéries lors des phases transitoires conformément au NF DTU 31.3.

Cette protection doit également garantir une ventilation suffisante pour éviter tout risque de condensation.

2.4.2. Sécurité en phase provisoire

L'installation des poutres POSI doit être réalisée conformément au plan de pose fourni par le bureau d'études en charge du projet.

Avant la manutention et la mise en place des poutres POSI, s'assurer des annotations et signes distinctifs pour la bonne mise en place des solives.

Il faut s'assurer que les sabots métalliques sur murs maçonnés sont mis en œuvre en respectant les préconisations du fournisseur.

- La charge maximale temporaire pouvant être supportée par les poutres POSI est de 250 kg/m², ce qui équivaut à une épaisseur empilée de 300mm. Par exemple, cela correspond à 16 panneaux d'aggloméré de 18 mm ou à 13 panneaux d'aggloméré de 22mm.

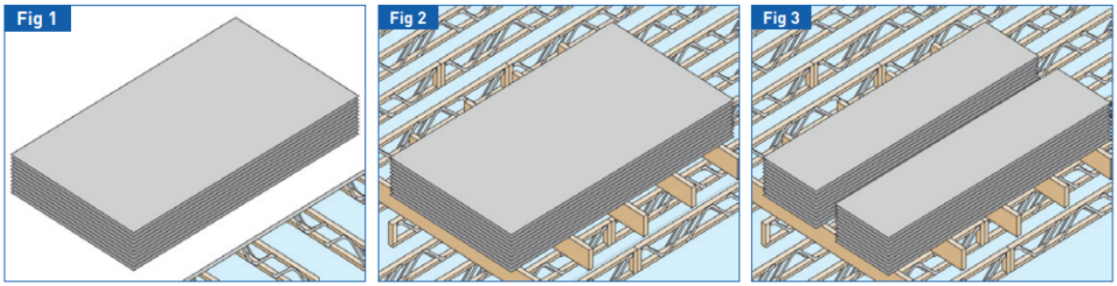


Figure 12: stockage de panneaux

La manutention et la pose des chevrons POSI ne présentent pas de risque spécifique par comparaison aux travaux de charpente bois visés aux NF DTU 31.1, 31.2 ou 31.3. Il convient de veiller au respect des dispositions du CPT 3768, §8.2 relatives à la sécurité en phase provisoire.

2.4.3. Mise en œuvre des parois horizontales (plancher)

De manière générale, la mise en œuvre des parois horizontales (planchers et toitures) suit les prescriptions des NF DTU 31.1, 31.2 et 51.3, à l'exception des dispositions spécifiques décrites dans le CPT 3768 — auquel il convient de se référer. Une attention particulière doit être portée au respect des règles de mise en œuvre des panneaux à base de bois (voir CPT 3768, §2.3).

2.4.4. Spécificité des appuis (plancher et toiture)

2.4.4.1. Détails d'extrémités

L'extrémité de la poutre est fermée par un potelet d'extrémité. Le potelet peut être simple, doublé ou triplé, ou en pente. Les barres sont assemblées à l'aide de connecteurs métalliques emboutis, dont la modélisation et le dimensionnement sont réalisés conformément au chapitre 5 du DTU 31.3 et au chapitre 8.8 de la norme EN 1995-1-1.

Lorsque les efforts tranchants sont très importants, il est nécessaire d'insérer un bloc de bois massif en renfort, réalisé en bois massif, bois lamellé-collé ou LVL. Leurs fixations sont décrites dans le chapitre 2.3.5.

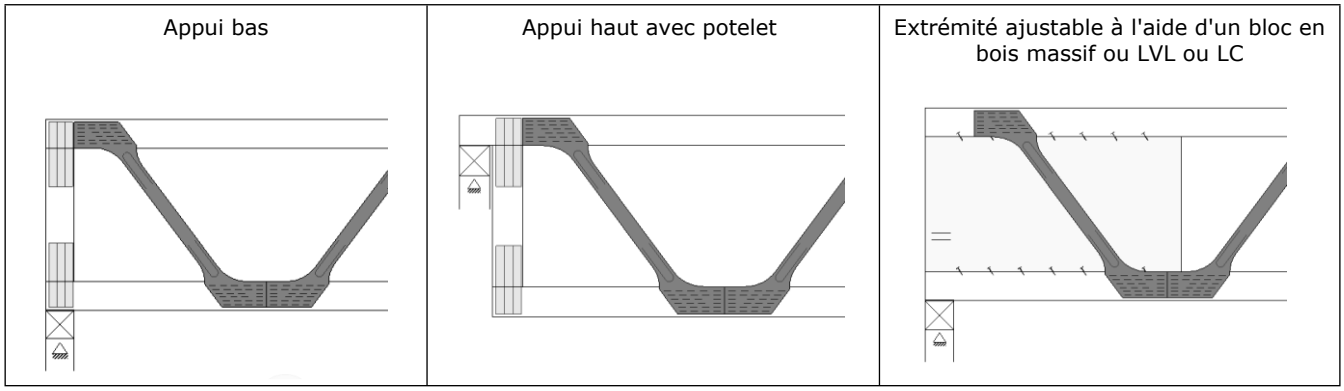


Figure 13 : détails d'extrémités

Dans le cas de l'appui haut, une vérification est réalisée pour le cisaillement de la section ainsi que pour la traction perpendiculaire. La modélisation prend en compte l'excentricité de l'appui, qui génère un bras de levier augmentant le moment de flexion dans la membrure haute.

Lorsqu'une poutre est utilisée comme plancher dans le cadre d'une transformation de combles, son extrémité est inclinée afin de s'adapter à la pente de la toiture, le V métallique est positionné comme indiqué ci-dessous.

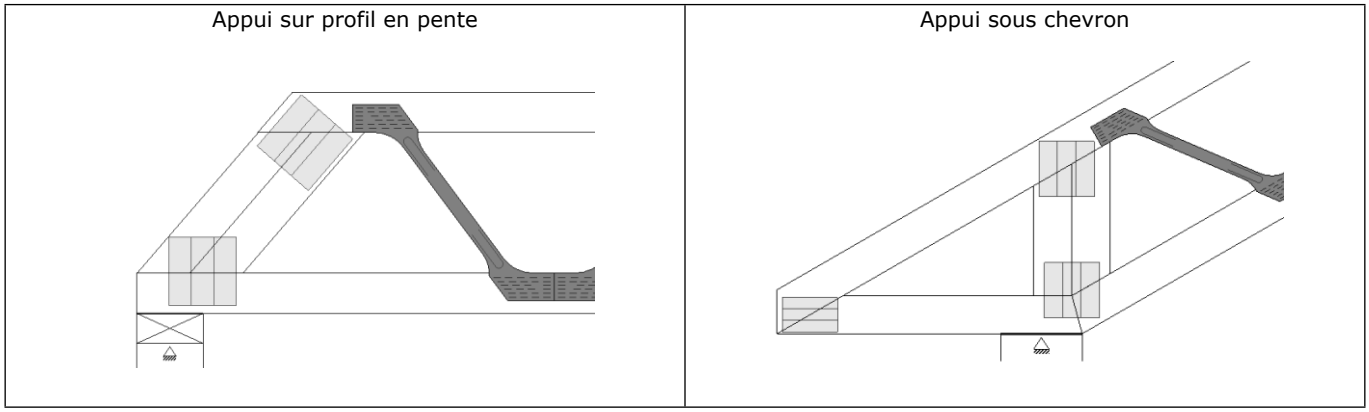


Figure 14 : Détail de l'appui en bas de versant

L'utilisation de la poutre POSI comme chevron nécessite une modification de sa triangulation pour créer une surface d'appui horizontale, accompagnée de l'ajout d'un potelet vertical pour assurer le transfert des efforts vers le V métallique POSI (cf Figure 14, Figure 15, Figure 66, Figure 68, Figure 69 et Figure 71).

Le maintien latéral à l'appui doit être assuré sur au moins 2/3 de la hauteur de la poutre mesurée d'aplomb.

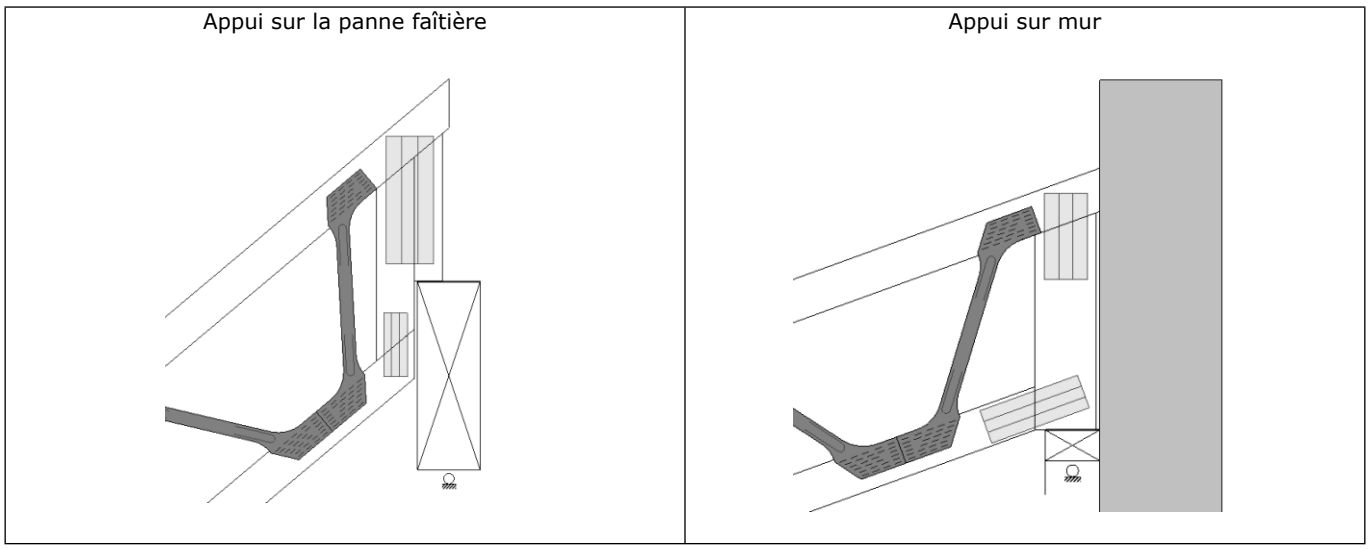


Figure 15 : Détail de l'extrémité au niveau du faîtage

2.4.4.2. Détails intermédiaires

La nécessité d'ajouter un élément bois à l'intérieur des membrures de la poutre POSI découle d'une forte sollicitation occasionnant un effort tranchant important. Cet effort peut provenir d'un appui intermédiaire ou d'une charge ponctuelle.

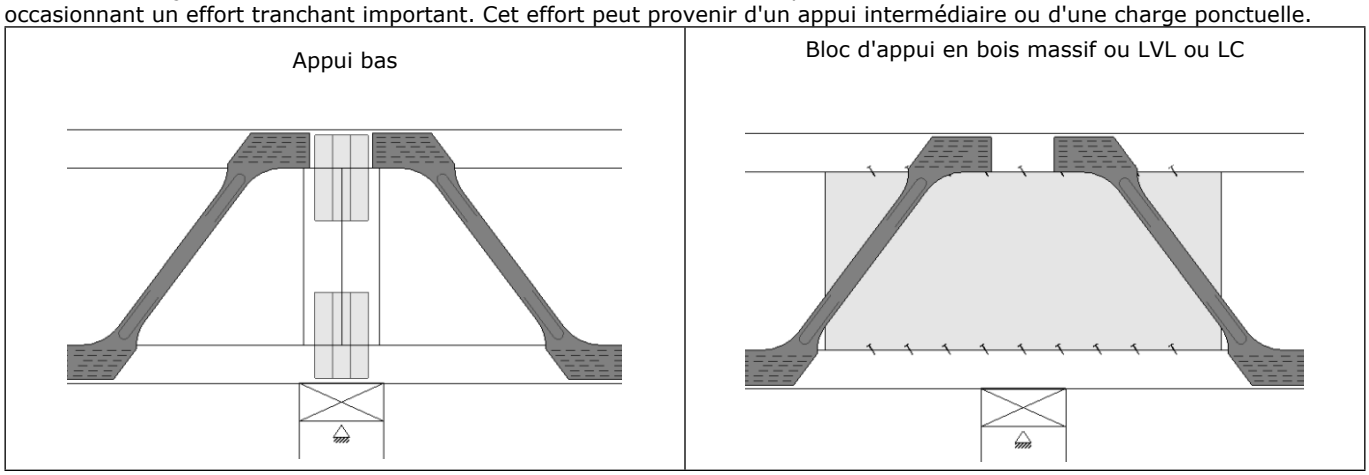


Figure 16 : Détails intermédiaires

2.4.5. Longueur minimale d'appui

Les appuis des poutres POSI doivent être dimensionnés conformément à l'équation (6.3) de l'EN1995+A1:2008+A2:2014 chapitres 6.1.5

2.4.6. Fixations aux appuis

Pour relier les poutres POSI aux éléments porteurs (murs, poutres, etc.), le maintien latéral à l'appui doit être assuré sur la hauteur de la poutre afin de maintenir l'aplomb. Des éléments de fixation doivent être prévus aux extrémités de la poutre, et à chaque appui intermédiaire.

Lorsque la pente des chevrons POSI dépasse 2 %, les coupes d'assises sont interdites. La géométrie du pied du chevron POSI doit alors être adaptée à la surface d'appui, selon l'une des solutions suivantes :

- prise en compte dès la conception, avec modification de l'extrémité du chevron par ajout d'une triangulation permettant la création d'un plat d'appui au moyen d'un entrait horizontal (cf Figure 66),
- Prise en compte dès la conception par l'ajout d'un potelet simple ou double en débord de la membrure, permettant la création d'une surface d'appui plane (cf Figure 68),
- utilisation d'une sablière biseautée.

Pour les chevrons POSI, dès lors qu'il existe des efforts de soulèvement, un dispositif de reprise (sabot, équerre, etc.) doit être installé au nœud de triangulation afin de limiter les moments secondaires dans la structure. L'ancrage doit être fixé de préférence sur un potelet ou un bloc. La hauteur de recouvrement de la fixation doit être adaptée pour prévenir la traction perpendiculaire dans les membrures.

Vous trouverez ci-dessous une liste des principaux types de fixation des extrémités des membrures des poutres POSI:

- Sabots comme représenté sur les Figure 43, Figure 47, Figure 50, Figure 60 et Figure 62,
- Appui haut sur muraillière/lierne voir Figure 46 et Figure 48,
- Appui bas sur muraillière/lierne voir Figure 44 et Figure 59,
- Appui bas sur sablière ou mur voir Figure 56,
- Contre mur ossature bois Figure 61,
- Appui haut sur poutre bois entaillée voir Figure 46,
- Encastrement dans un mur voir Figure 48 et Figure 49,
- Fixation par équerres Figure 66 et Figure 67,
- Fixation par sabots Figure 68, Figure 69 et Figure 71.

2.4.7. Stabilité latérale

La stabilité latérale des poutres POSI doit être assurée conformément au CPT 3768, §2.5.2.

Dans le cas d'une fixation de poutre par sabots ou étriers — qu'il s'agisse d'une poutre massive sur une poutre POSI, ou d'une poutre POSI sur une autre POSI — le sabot utilisé doit respecter les conditions illustrées dans la figure ci-dessous (cf.Figure 43) et le sabot doit disposer d'une Évaluation Technique Européenne (ETE).

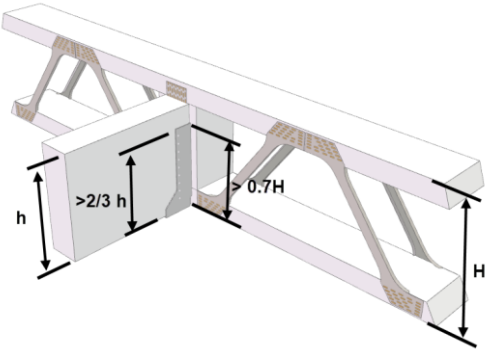


Figure 17: Fixation par sabot

Pour une fixation réalisée par appui, plusieurs possibilités sont envisageables :

- Par pointe crantée ou vis sur muraillière ;
- Par l'ajout d'entretoises insérées entre les poutres POSI pour prévenir tout déplacement latéral ;
- L'appui peut être réalisé sur une poutre de bois entaillée.

2.4.8. Modifications sur site

Le procédé POSI est soumis à des restrictions strictes visant à garantir son intégrité structurelle : aucune modification sur site n'est autorisée.

2.4.9. Assemblages de poutres multiples

Les poutres porteuses peuvent être réalisées avec des poutres POSI multiplis, sans dépasser deux plis, plusieurs dispositifs peuvent être utilisés pour l'assemblage : par vissage, par cales, ou à l'aide d'assembleurs spécifiques conformément aux prescriptions du chapitre §2.5.3 et § 2.5.4 du CPT 3768.

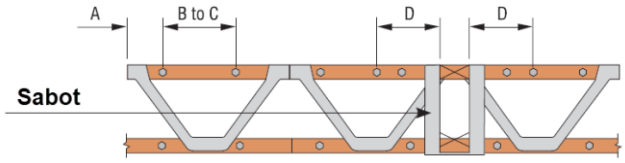
L'assemblage de poutres multiples soumis à un chargement dissymétrique ou non uniformément réparti doit être justifié par un calcul d'assemblage à plans de cisaillement multiples, conformément au § 8 de la NF EN 1995-1-1. Les poutres POSI comportent seulement 2 plis et possèdent donc un seul plan de cisaillement comme décrit dans le §2.9.16 du CPT 3768.

Les poutres POSI peuvent être assemblées à l'aide de vis sur site. L'opération de fixation des poutres POSI est à réaliser sur une surface plane afin d'assurer un bon assemblage des poutres entre elles. Il est impératif de respecter les entraxes spécifiés à la Figure 18, ainsi que les distances minimales aux bords de pince, conformément à la norme NF EN 1995-1-1.

Le diamètre des vis doit correspondre à un dixième de l'épaisseur de la membrure, sauf en cas d'utilisation d'un ETE autorisant des valeurs plus faibles, notamment en présence de pré-perçage.

La profondeur minimale de pénétration dans la seconde poutre doit être de 6 fois le diamètre de la vis (6d). Les vis sont disposées sur les faces avant et arrière afin d'assurer le serrage des plis depuis les deux côtés.

Concernant les vis auto-foreuses, il faut utiliser celles bénéficiant d'une Évaluation Technique Européenne (ETE) stipulant que la pointe est optimisée pour une insertion sans pré-perçage autorisant ainsi des distances de perçage réduites.



Espacement entre vis

A : Distance minimale de l'extrémité : 10d

B : Espacement minimal le long des cordes : 12d

C : Espacement maximal le long des cordes : 600 mm

D : Distance maximale de part et d'autre d'une charge concentrée : 300 mm

Figure 18 : Assemblage de poutres en deux plis et distance des fixations

2.4.10. Chevêtres

Les chevêtres assemblés avec les poutres POSI sont des poutres en bois de section rectangulaire, massif ou lamellé-collé. Il existe plusieurs façons de les fixer aux porteuses comme illustré en Figure 62:

- Le chevêtre peut être fixé entre deux potelets de la structure porteuse latérale, ainsi qu'entre les deux membrures de la poutre POSI. Les quatre faces de la poutre sont fixées à l'aide de vis. Une entaille locale peut être réalisée sur la poutre afin d'ajuster sa hauteur à celle de la poutre POSI ; cette entaille doit faire l'objet d'une vérification de la résistance du chevêtre à la traction perpendiculaire liée à la zone entaillée (1) ;
- La poutre POSI peut être fixée par recouvrement sur appui haut sur le chevêtre au moyen de deux vis minimum (2) ;
- La poutre POSI peut être fixée sur le chevêtre à l'aide d'un sabot (3) ;
- Le chevêtre peut être fixé par sabot à la porteuse si celle-ci est renforcée (4).

2.5. Assistance technique

La conception et le dimensionnement des éléments de poutre POSI se fait exclusivement sur le logiciel PAMIR.

La conception et le calcul des éléments POSI relèvent de la responsabilité du bureau d'études techniques, qui doit également fournir un plan de pose complet.

Le plan de pose doit être conforme au §1.8 du CPT 3768 et porter la marque du procédé, l'identification du site de fabrication et les références à l'ETE et au DTA. Ce plan peut être établi par un bureau d'études, le fabricant ou une entreprise disposant d'un bureau d'études qualifié.

La société MITEK offre une assistance technique aux professionnels de la construction. Elle met notamment à leur disposition :

- Une liste de bureaux d'études spécialisés dans le dimensionnement des éléments POSI, en accord avec les normes en vigueur, le logiciel de calcul PAMIR et l'Avis Technique.
- Un guide technique détaillé.
- Des formations personnalisées sur la conception des poutres POSI.
- Des vidéos de présentation traitant de problématiques spécifiques sur le dimensionnement et/ou la conception.
- Un logiciel de calcul dédié, PAMIR permettant de dimensionner via des interfaces 2D et 3D des éléments simples sur deux ou plusieurs appuis, en renseignant, entre autres, les charges, l'entraxe, la portée et les produits concernés. Il permet aussi de vérifier le critère vibratoire, le comportement des éléments métalliques ou encore la nécessité d'anti-dévers et de renforts d'âme.
- Un service technique pour répondre aux questions des concepteurs et des entreprises, en s'appuyant sur le CPT 3768, les normes et l'Avis Technique.
- Dès la formation initiale, une assistance est proposée, complétée par une formation continue et un suivi régulier lors des premiers chantiers.

2.6. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.6.1. Principe

2.6.1.1. Fabrication des membrures

Le fabricant-charpentier est chargé de l'assemblage des membrures et de leur découpe aux dimensions souhaitées. Les membrures sont fabriquées à partir de bois massif intégrant des tolérances géométriques conformes à la classe de tolérance 2 de la norme NF EN 336 et l'EN 15497

2.6.1.2. Fabrication des V métalliques

Les bobines d'acier sont galvanisées à chaud selon Z275 tel que défini dans la norme EN 10346 avant un emboutissage avec un emboutisseur adapté pour réaliser des V métalliques.

Les V métalliques POSI sont fabriqués en Angleterre par MiTek Industries Ltd, situé à MiTek House, Grazebrook Industrial Park, Peartree Lane, Dudley, West Midlands, DY2 OXW. Ils sont ensuite expédiés en France à l'entrepôt de Ruiz, avant d'être acheminés au client final, un fabricant de poutre.

2.6.1.3. Assemblage de la poutre POSI

Il existe sur le marché différentes machines conventionnelles et dédiées non citées ci-dessus. Dans ce cas, le processus de fabrication doit être référencé dans le CPU Contrôle de Production Usine du fabricant.

Les grandes étapes des méthodes d'assemblage sont les suivantes :

1. Matières premières, achats et contrats fournisseurs
    a. Qualité des bois ;
    b. Contrôle des connecteurs et V métalliques.
2. Management du processus de fabrication
    a. Approvisionnement ;
    b. Poste de sciage ;
    c. Poste d'assemblage ;
    d. Manutention et stockage.
3. Contrôle, évaluation des résultats
    a. Enregistrements ;
    b. Instruments de mesures.
4. Management des résultats du contrôle
    a. Produits non conformes ;
    b. Actions correctives.

L'assemblage d'une poutre POSI se fait en atelier, au sein du réseau de fabricants régis par le marquage CE du procédé, avec différents processus de fabrication :

- Fabrication avec une presse conventionnelle de charpente industrielle

- Processus de fabrication d'une poutre POSI sur une « presse Mark1-Light ».
- Fabrication avec des presse dédiées
  - Processus de fabrication d'une poutre POSI sur une « presse POSI Manuelle » ;
  - Processus de fabrication d'une poutre POSI sur une « presse semi-automatique ».

La liste des certificats marquage CE valides pour les poutres POSI doit être tenue à jour et transmise au CSTB.

Tableau 6 : Contrôle communique des informations sur la fréquence des contrôles (L'ATE-20/1169 chapitre 5.1.2)

Non	Objet/type de contrôle (produit, matière première/constituant, composant - en indiquant la caractéristique concernée)	Méthode d'essai ou de contrôle	Critères, le cas échéant	Nombre minimum d'échantillons	Fréquence minimale de contrôle
Contrôle de la production en usine (CPU) [y compris l'essai d'échantillons prélevés dans l'usine conformément à un plan d'essai prescrit]					
1	Matériaux – résistance membrure	Vérifier la documentation et le marquage du fournisseur	Classé pour une utilisation structurelle selon la norme EN 14081-1	**NA**	Chaque livraison
2	Teneur en humidité de la membrure lors de la fabrication	Vérifier à l'aide d'un humidimètre	Exigence EN 14250, max 18%	**5**	Chaque changement d' équipe
3	Matériaux pour la membrure	Vérifier la géométrie	Conforme aux spécifications techniques	**1**	Chaque lot et chaque équipe
4	V POSI métallique	Vérifier la documentation et le marquage du fournisseur	Conforme aux spécifications techniques	**NA**	Chaque lot
5	Positionnement et fixation des V POSI sur les membrures	Contrôle visuel	Installation conforme au plan de fabrication et à l'ATE	**Tous les membrures**	NA
6	Géométrie de la poutre	Contrôle dimensionnel	Dans les limites de la tolérance déclarée	**5**	Chaque lot
7	Marquage	Contrôle visuel	Conforme aux spécifications techniques	**1**	Chaque lot

2.6.1.4. Contreflèche

Les poutres POSI peuvent être fabriquées avec une contreflèche de fabrication w_c. La contreflèche de fabrication est limitée à une fabrication sur mesure pour un projet spécifique (seul un ajustement en longueur sur chantier est autorisé)

La réalisation de la contreflèche de fabrication w_c se conforme à minima aux prescriptions suivantes :

- La contreflèche w_c ne doit pas excéder le minimum entre la déformation instantanée sous charges permanentes initiales seules et L/500 ;
- Compte-tenu des tolérances de construction, la contreflèche doit être limité à un usage en portée simple sur deux appuis ;
- La tolérance de fabrication en usine de la contreflèche est de ±3 mm pour les poutres d'une portée inférieure à 6 m et de ±4 mm pour celles d'une portée supérieure ;
- Le sens de pose (haut/bas) doit être clairement lisible sur la poutre contre-flèche.

2.6.1.5. Tolérance dimensionnelle

Les V métalliques sont fabriquées en acier d'une épaisseur de 1,00 ± 0,09 mm, à l'exception du PS10+ qui a une épaisseur de 0,90 ± 0,04mm.

La longueur totale d'une poutre POSI ne doit pas s'écarter de la longueur nominale de plus de ± 2 mm

La hauteur totale d'une poutre POSI ne doit pas s'écarter de la profondeur nominale de plus de ± 2 mm

Les tolérances sur la largeur et la profondeur des membrures sont conformes à la classe T2 de la norme EN 336.

2.6.2. Contrôles de fabrication

Les poutres en POSI font l'objet d'un marquage CE dans les conditions de l'ETE-20/1169 et du système d'EVCP de niveau 1.

2.6.2.1. Contrôle interne

Les matières premières entrantes font l'objet de contrôles par le fabricant avant d'être acceptées pour la fabrication.

Tous les éléments et dispositions adoptés par le fabricant doivent être documentés de manière systématique sous la forme de procédures écrites.

Le fabricant de la poutre Posi-Joist doit exercer un contrôle interne permanent de la production.

Les membrures bois :

- Vérification de la documentation et du marquage du fournisseur des matériaux selon EN 14081-1 – à chaque livraison
- Vérification de l'humidité au moment de la fabrication à l'aide d'un humidimètre selon EN 14250 (22 H% max. requis) – 5 échantillons 1x / jour
- Vérification de la géométrie – 1 échantillon / lot

Les éléments métalliques :

- Vérification de la documentation et du marquage du fournisseur – à chaque lot
- Vérification visuelle du positionnement et fixation des éléments – Toutes les poutres

La poutre POSI :

- Vérification de la géométrie – 5 échantillons / lot

Le marquage :

- Vérification visuelle – 1 échantillon / lot

2.6.2.2. Contrôle externe

Le contrôle externe est réalisé 2 fois par an pour chaque site de production par l'organisme notifié tiers sur la base d'un plan de contrôle et de surveillance déposé auprès d'un organisme certificateur tiers.

Les contrôles externes réalisés par l'organisme indépendant et accrédité au niveau européen, répondent à plusieurs missions principales. À un premier niveau, une visite des sites de production permet de vérifier le système de contrôle interne (Internal production control) ainsi que l'assurance qualité qui ont été mis en place par le fabricant. Cette visite permet également de réaliser un examen détaillé du processus de production, depuis les matières premières jusqu'aux produits finis (ailes métalliques prêtes à l'emploi).

Les résultats ainsi obtenus sont ensuite consignés dans le rapport de contrôle établi par l'organisme tiers. C'est sur la base de ce rapport qu'est par la suite délivré l'acte de certification.

La synthèse de ce contrôle externe est transmise une fois par an au CSTB.

2.7. Mention des justificatifs

2.7.1. Résultats expérimentaux

Évaluation Technique Européenne :

- ATE - 20/1169 - Agrément Technique Européen Poutre-Posi datant du 29/01/2022

Résistance au feu :

- Procès-Verbal de Classement n° 009196-B du CERIB

Essais résistance au feu :

- Rapport d'essais n°009195 du CERIB datant du 31/08/2017
- Rapport d'essais n°059307-B du CERIB datant du 27/01/2026

Acoustique :

- Attestation acoustique de QUALICONSULT datant du 16/09/2022

Mécaniques :

- • Rapport d'évaluation selon procédure ETE n°03/04/09 de BM TRADA datant de 2013 ;
- Rapport d'évaluation PS10+ de BM TRADA datant de 2019 ;
- Rapport d'évaluation PS12 de BM TRADA datant de 2021 ;
- Rapport d'essais mécaniques sur pannes déversées du Crittbois datant du 17/09/2024 ;

2.7.2. Références chantiers

Entre 2010 et 2025, 810 000 ml de poutres POSI ont été fabriquées, commercialisées et mises en œuvre, dont 430 000 ml en France depuis 2021.

Mise en œuvre	Lieu	Type de bâtiment/ouvrage	Surface/quantité	Type de poutre
09/2021	Ris Orangis (91)	16 logements individuels (R+1 & R+2)	Surface de plancher : 990 m² ; Surface de toiture : 730 m²	Solives de plancher et chevron
10/2021	Baugé-en-Anjou (49)	Reconstruction d'une maison d'habitation	42 fermes POSI; Surface de plancher : 68m²	Fermes habitables avec poutre POSI
06/2023	Laval (53)	Rénovation d'une maison d'habitation, transformation de comble	Surface de plancher : 45m²; Linéaire de poutre : 190m	Solives de plancher
09/2023	Vaugrigneuse (91)	2 Bâtiments de 12 logements collectifs	Surface de plancher : 700 m²; Linéaire de plancher : 1400 m	Solives de plancher
09/2023	Besney (44)	Construction Maison individuelle	Surface de plancher : 67 m²; Surface habitable : 66m²	Charpente combles habitables avec entrait porteur POSI
11/2023	Rezé (44)	Surélévation maison individuelle	Surface de plancher : 66 m	Solives de plancher POSI
06/2023	Saint Sébastien sur Loire (44)	Toiture habitation	Surface de toiture : 70 m²	Chevron POSI
07/2023	Arnage (72)	Toiture habitation	Surface de toiture : 78 m²	Chevron POSI
09/2025	Angers (49)	Habitation	Surface de plancher : 1700 m² ; Surface de toiture : 550 m²	Solive de toiture et de plancher

Tableaux et figures du Dossier Technique

Tableau 7 : Valeurs caractéristiques d'ancrage pour ½ V

Référence du V		**Annotions**	**PS8**	**PS9**	**PS10**	**PS10+**	**PS12**	**PS14**	**PS16**
Distance entre les membrures (mm)			108	131	159	159	210	279	327
Capacité axiale d'un ½ V en ancrage (KN)	Traction de l'ancrage d'extrémité d'un ½ V métallique	$F_{SW,anch,ES,t,k}$	13,88	13,50	13.59	15.13	13,48	13,09	12,19
	Force caractéristique d'ancrage en tension sur le nodule interne d'un ½ V métallique	$F_{SW,anch,int,t,k}$	10,67	10,40	9.415	10.77	8,879	8,663	9,246
	Compression de l'ancrage d'un ½ V métallique	$F_{SW,anch,c,k}$	14,65	16,07	11.82	13.23	13,08	11,03	11,66
	Force caractéristique d'ancrage en tension d'un V métallique double	$F_{DW,anch,t,k}$	23,83	22,85	20.12	23.34	20,50	15,35	16,14
	Force caractéristique d'ancrage en compression d'un V métallique double	$F_{DW,anch,c,k}$	26,70	25,52	24.30	22.62	21,71	17,24	16,53

Tableau 8 : Valeurs caractéristiques de flambement pour ½ V

Référence du V		**Annotations**	**PS8**	**PS9**	**PS10**	**PS10+**	**PS12**	**PS14**	**PS16**
Distance entre les membrures (mm)			108	131	159	159	210	279	327
Capacité de flambement axiale d'un ½ V en ancrage (KN)	Résistance à la compression caractéristique à une seule âme	$F_{SW,buck,k}$	15.57	17.08	12.63	11.45	15.90	11.17	13.19
	Résistance à la compression caractéristique à double âme	$F_{DW,buck,k}$	27.35	26.18	22.18	18.46	24.44	17,69	17.12

Tableau 9 : Valeurs caractéristiques d'ancrage pour ½ V (triangulation alternée)

Référence du V		Annotions	PS8	PS9	PS10	PS10+	PS12	PS14	PS16
Distance entre les membrures (mm)			108	131	159	159	210	286	327
Capacité axiale d'un ½ V en ancrage (KN)	Traction de l'ancrage au niveau du support d'extrémité d'un ½ V métallique	$F_{SW,anch,ES,t,k}$	6,940	6,750	6,793	7.56	6,741	6,544	6,096
	Force caractéristique d'ancrage en tension sur le nodule interne d'un ½ V métallique	$F_{SW,anch,int,t,k}$	5,333	5,202	4,707	5.38	4,440	4,331	4,623
	Compression de l'ancrage d'un ½ V métallique	$F_{SW,anch,c,k}$	5,126	5,623	4,137	4.63	4,578	3,861	4,081
	Force caractéristique d'ancrage en tension d'un V métallique double	$F_{DW,anch,t,k}$	11,91	11,42	10,06	11.67	10,25	7,677	8,067
	Force caractéristique d'ancrage en compression d'un V métallique double	$F_{DW,anch,c,k}$	9,345	8,933	8,505	7.92	7,597	6,035	5,786

Tableau 10 : Valeurs caractéristiques de flambement pour ½ V (triangulation alternée)

Référence du V		Annotations	PS8	PS9	PS10	PS10+	PS12	PS14	PS16
Distance entre les membrures (mm)			108	131	159	159	210	286	327
Capacité de flambement axiale d'un ½ V en ancrage (KN)	Résistance à la compression caractéristique à une seule âme	$F_{SW,buck,k}$	5.451	5.979	4.421	4.01	5.566	3.910	4.616
	Résistance à la compression caractéristique à double âme	$F_{DW,buck,k}$	9.573	9.164	7.763	22,18	8.552	6.191	5.991

Table des figures

Figure 1: Représentation des zones connectées
Figure 2 : Position du raidisseur dans le procédé POSI
Figure 3: Géométrie d'une poutre POSI
Figure 4: Vues en coupe d'une poutre POSI
Figure 5: Section de conduits insérés dans la poutre POSI
Figure 6 : Exemple de la représentation schématique de la modélisation avec prise en compte des excentricités
Figure 7 : Bloc d'appui
Figure 8 : Modélisation du bloc par des éléments de type barres
Figure 9 : Propriétés mécaniques du bloc
Figure 10 : Propriété mécanique utilisée pour le bloc
Figure 11 : stockage des poutres
Figure 12: stockage de panneaux
Figure 13 : détails d'extrémités
Figure 14 : Détail de l'appui en bas de versant
Figure 15 : Détail de l'extrémité au niveau du faîtage
Figure 16 : Détails intermédiaires
Figure 17: Fixation par sabot
Figure 18 : Assemblage de poutres en deux plis et distance des fixations
Figure 19 : Représentation V métallique PS-8
Figure 20: Représentation V métallique PS-9
Figure 21: Représentation V métallique PS-10
Figure 22 : Représentation V métallique PS-10+
Figure 23: Représentation V métallique PS-12
Figure 24: Représentation V métallique PS-14
Figure 25: Représentation V métallique PS-16
Figure 26 : Vue de face d'une triangulation complète
Figure 27: Vue de côté d'une triangulation complète
Figure 28 : exemple de configuration avec des V doubles
Figure 29 : exemple de disposition avec un potelet central
Figure 30 : exemple de disposition avec une baie
Figure 31 : exemple de configuration avec des V parallèles
Figure 32 : Détail 3D complexe REI30 min
Figure 33 : levage d'une poutre POSI
Figure 34 : Points de levage d'une poutre POSI
Figure 35: Détail de fixation sur membrure fine (<120mm), bloc d'extrémité avec 6 pointes annelées de 3.1x90
Figure 36: Détail de fixation sur une membrure épaisse (>120mm) bloc d'extrémité composée de 2 plis, utilisant 6 pointes annelées de 3.1x90.
Figure 37: Détail de fixation sur une membrure fine d'un bloc interne, utilisant 7 pointes annelées de 3.1x90.
Figure 38: Détail de fixation sur une membrure épaisse (>120mm) d'un bloc d'interne composée de 2 plis, utilisant 7 pointes annelées de 3.1x90
Figure 39 : Poutres POSI à V métalliques simples et son modèle structurel
Figure 40 : Modèle structurel pour les poutres POSI avec V métalliques simples
Figure 41 : Poutres POSI à V métalliques doubles et son modèle structurel
Figure 42 : Modèle structurel pour les poutres POSI avec V métalliques doubles
Figure 43 : Fixation par sabots métalliques
Figure 44 : Poutres POSI placées en appuis bas sur sablière
Figure 45 : Encastrement des poutres dans un mur à brique pleine
Figure 46 : Appui haut avec potelet sur poutre entaillée
Figure 47 : Fixation par sabot contre chaînage
Figure 48 : Poutre encastrée sur chaînage béton
Figure 49 : Fixation par encastrement
Figure 50 : Fixation par sabot
Figure 51: Muraillière en pignon sur support maçonnerie ou béton
Figure 52 : Cloison légère parallèle aux solives
Figure 53 : Cloison légère parallèle aux solives
Figure 54 : Filant sous la poutre
Figure 55: Filant d'entrait
Figure 56 : Description d'un plancher RDC
Figure 57 : Plancher intermédiaire
Figure 58 : Plancher sur poutre périphérique
Figure 59 : Plancher sur vide sanitaire
Figure 60 : Plancher intermédiaire fixé par sabot sur chaînage
Figure 61 : Toiture plate (pente <3%) fixée sur ossature
Figure 62 : Méthodes de fixation des chevêtres

Figure 63 : Jonction des raidisseurs réalisée sur deux poutres
Figure 64 : Jonction des raidisseurs réalisée par doublage
Figure 65 : Toiture et divers éléments – Chevron POSI
Figure 66 : Débord droit de toiture – Chevron POSI
Figure 67 : Débord queue de vache – Chevron POSI
Figure 68 : Débord queue de vache – Chevron POSI – Fixation par sabot
Figure 69 : Reprise des efforts de glissement – Chevron POSI – contreventement par poutre en croix de Saint-André
Figure 70 : Echelle de pignon – Chevron POSI
Figure 71 : Fixation haute sur mur par sabot – Chevron POSI

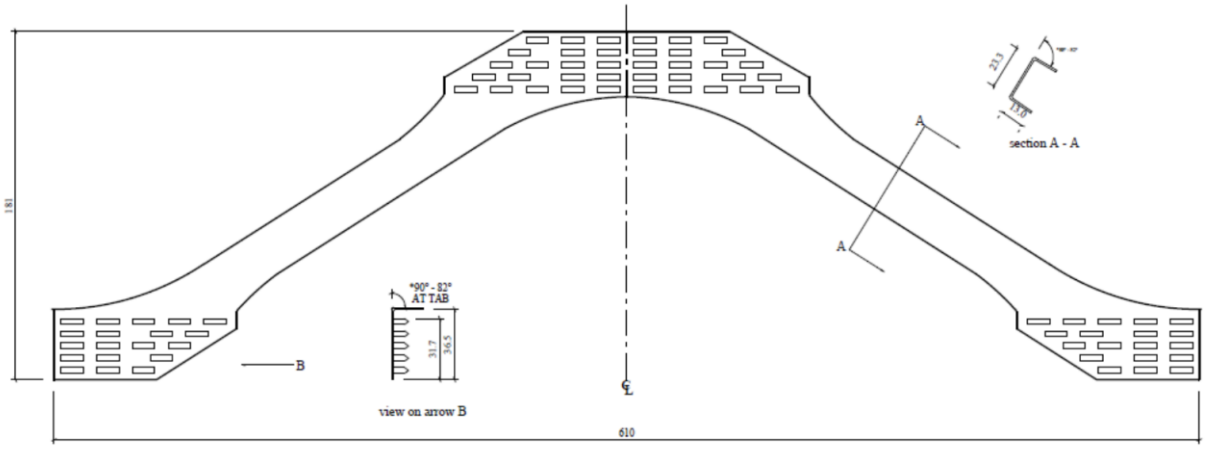


Figure 19 : Représentation V métallique PS-8

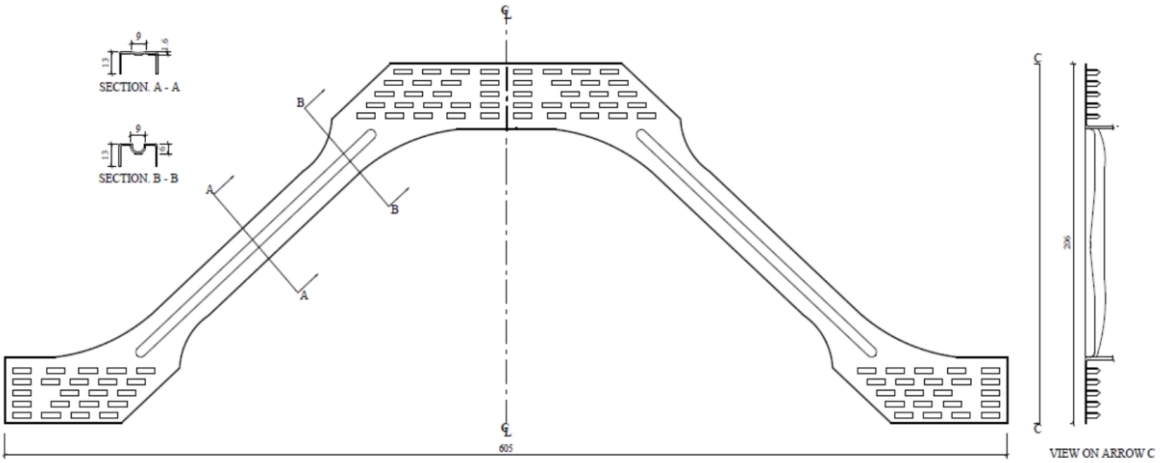


Figure 20: Représentation V métallique PS-9

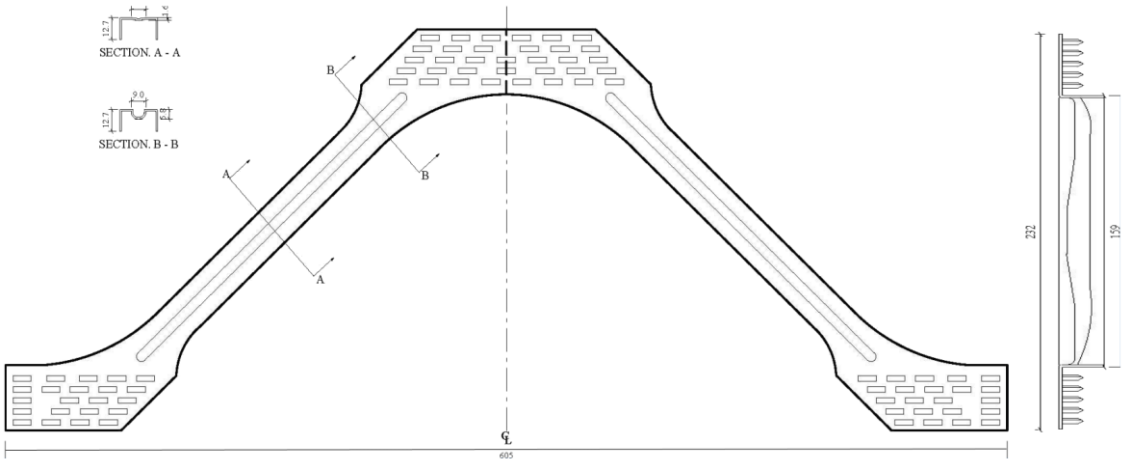


Figure 21: Représentation V métallique PS-10

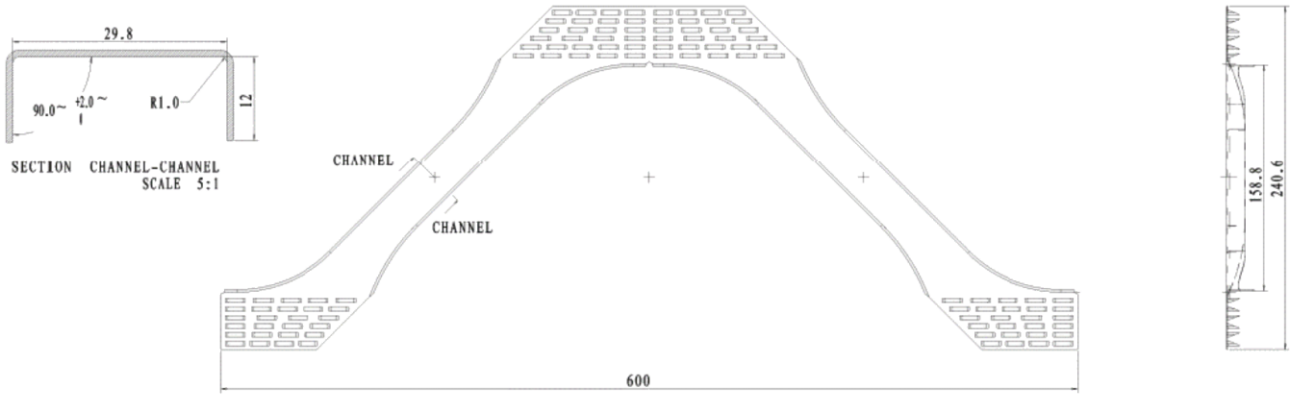


Figure 22 : Représentation V métallique PS-10+

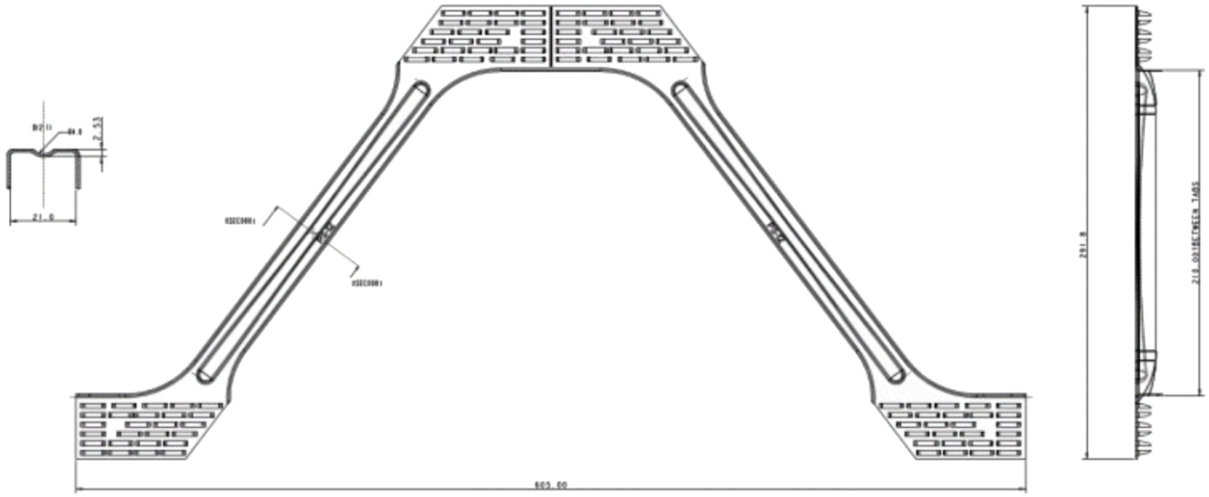


Figure 23: Représentation V métallique PS-12

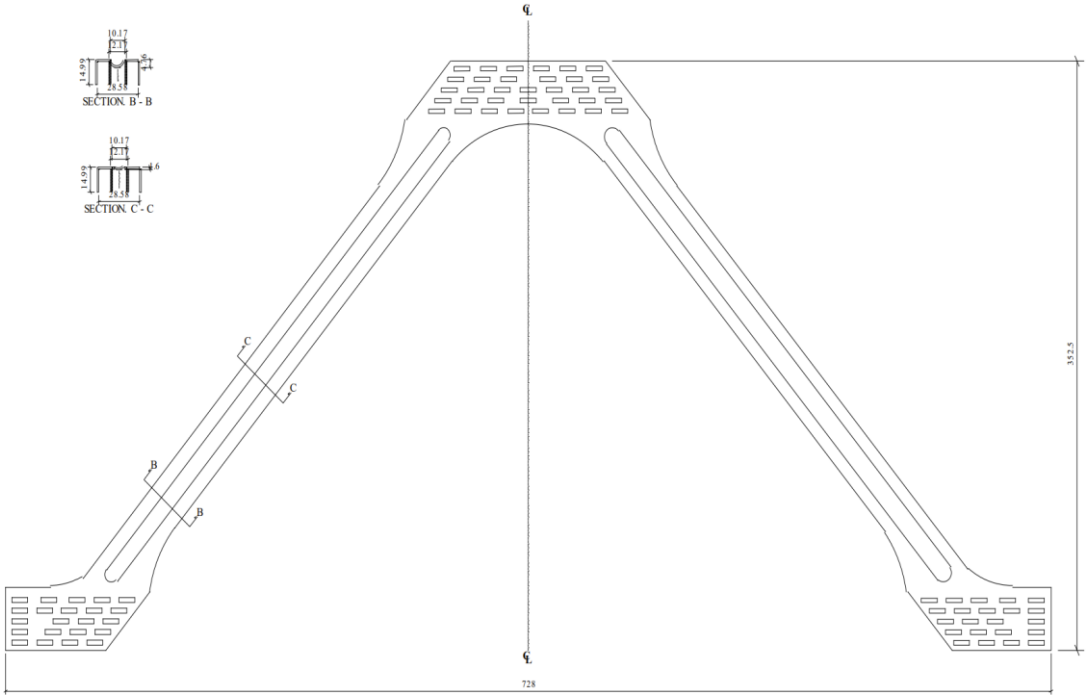


Figure 24: Représentation V métallique PS-14

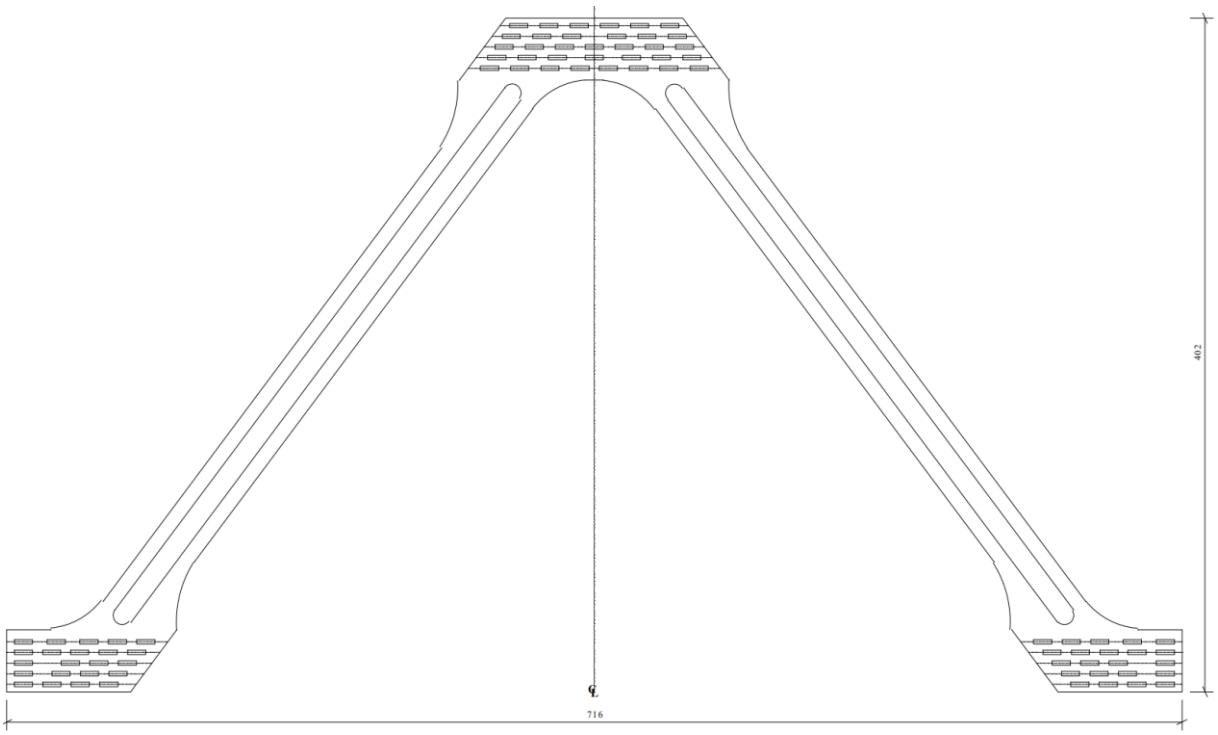


Figure 25: Représentation V métallique PS-16

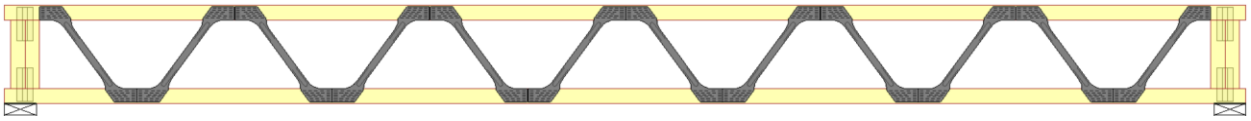


Figure 26 : Vue de face d'une triangulation complète

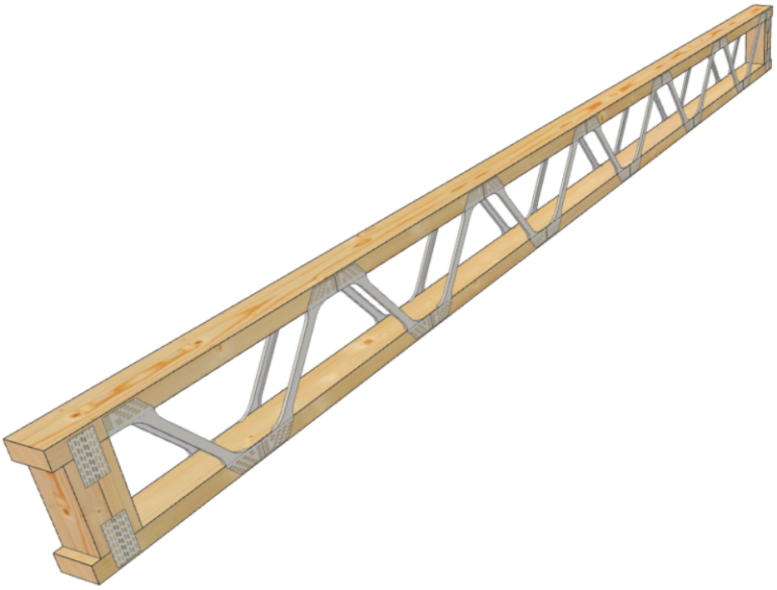


Figure 27: Vue de côté d'une triangulation complète

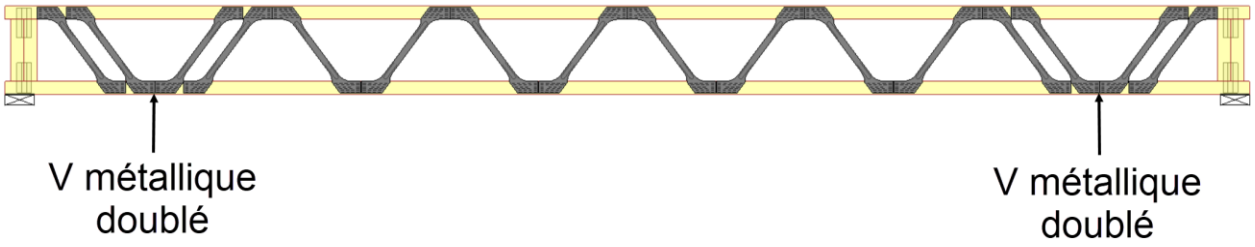


Figure 28 : exemple de configuration avec des V doubles

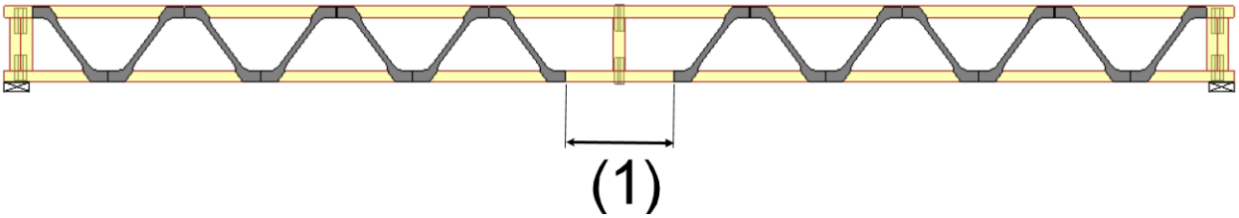


Figure 29 : exemple de disposition avec un potelet central

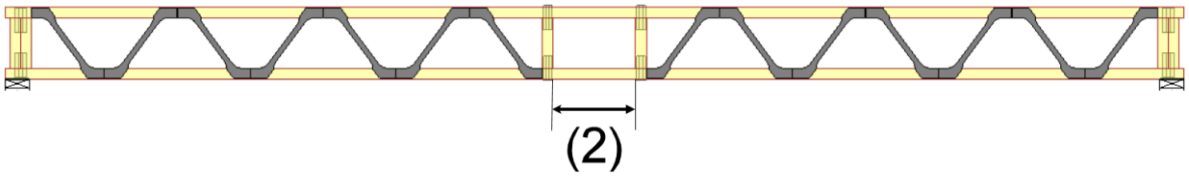


Figure 30 : exemple de disposition avec une baie

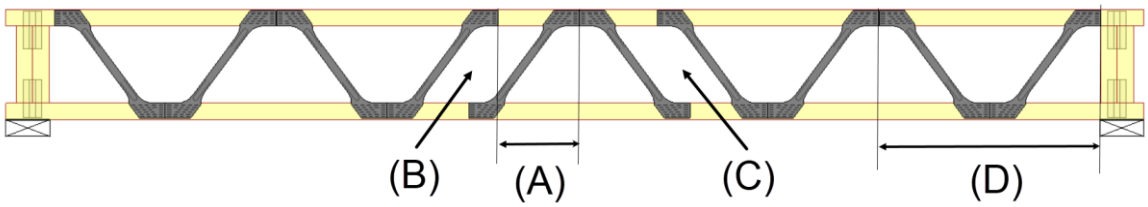
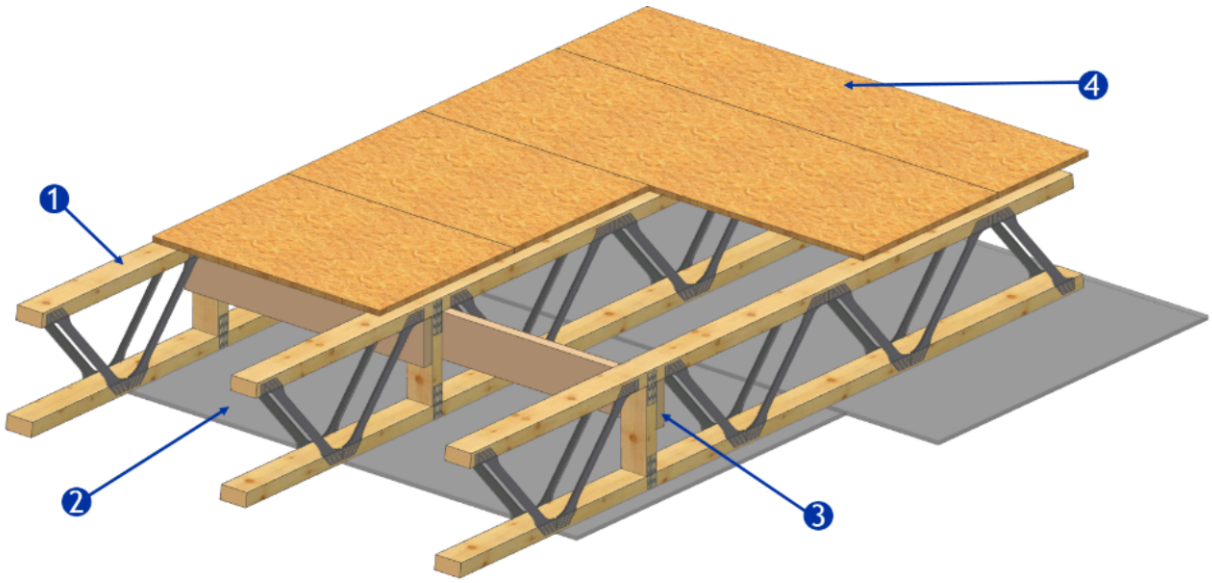


Figure 31 : exemple de configuration avec des V parallèles

A. Distance sans triangulation correspondant à un demi-V
B. Zone non triangulée
C. Zone non triangulée
D. Longueur d'un V



1. Solive POSI®
2. Plaque de plâtre Type A (15 mm)
3. Raidisseur 35 mm x 97 mm
4. Panneau de particule d'OSB (18 mm)

Figure 32 : Détail 3D complexe REI30 min

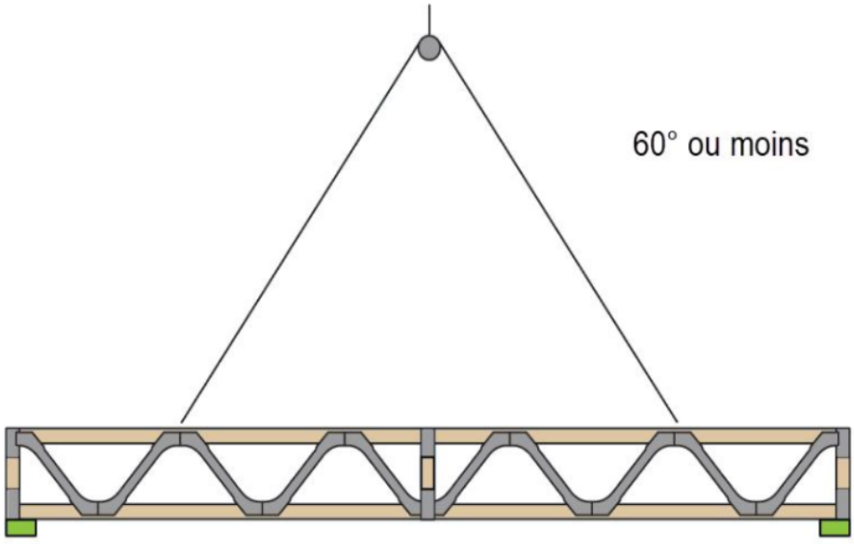


Figure 33 : levage d'une poutre POSI

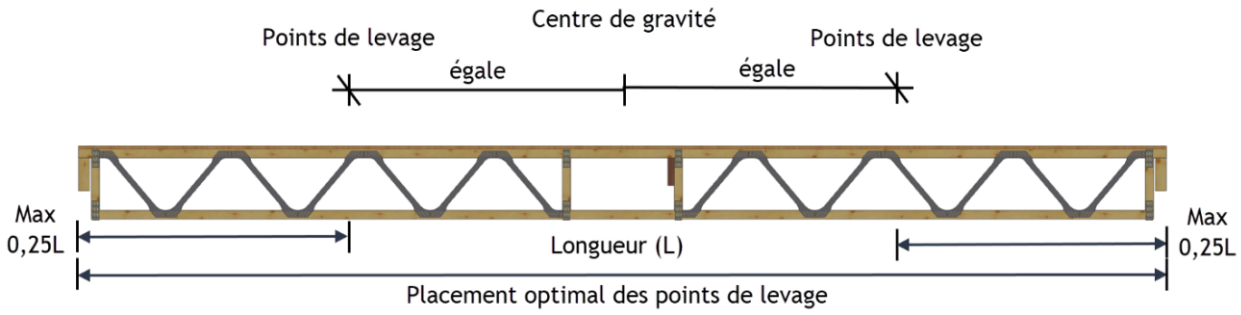


Figure 34 : Points de levage d'une poutre POSI

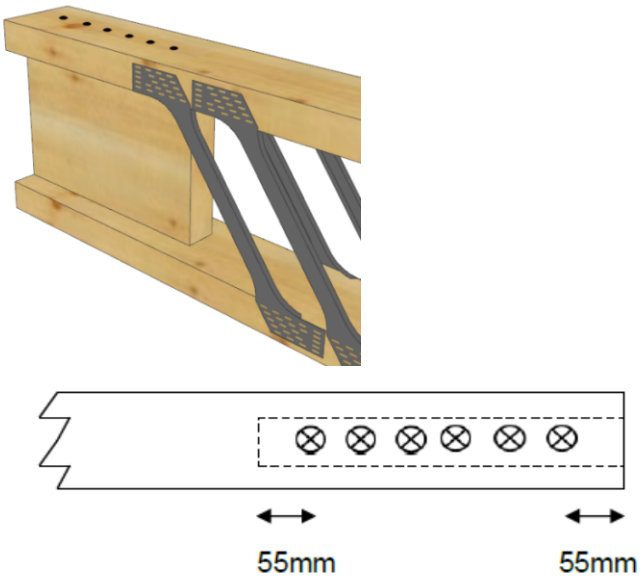


Figure 35: Détail de fixation sur membrure fine (<120mm), bloc d'extrémité avec 6 pointes annelées de 3.1x90

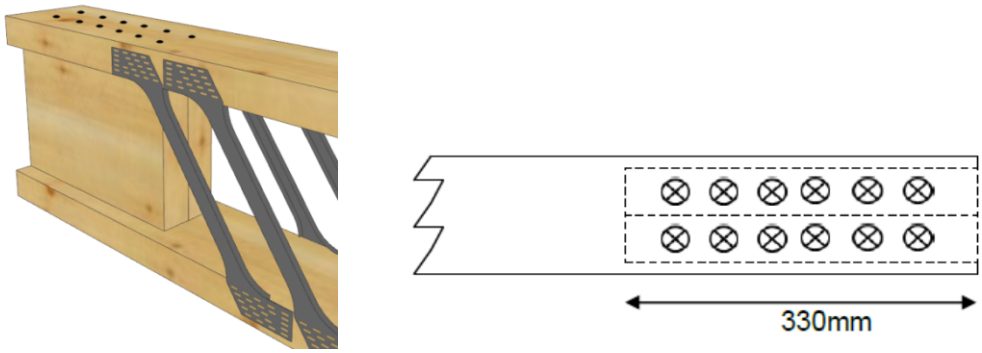


Figure 36: Détail de fixation sur une membrure épaisse (>120mm) bloc d'extrémité composée de 2 plis, utilisant 6 pointes annelées de 3.1x90.

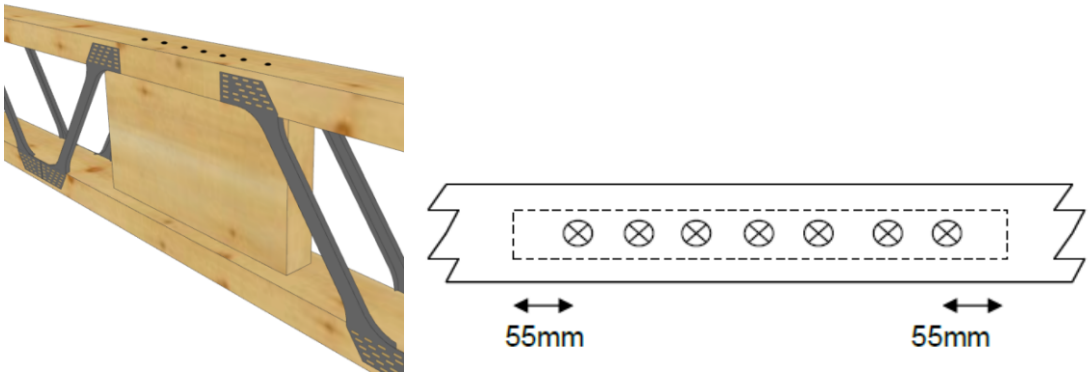


Figure 37: Détail de fixation sur une membrure fine d'un bloc interne, utilisant 7 pointes annelées de 3.1x90.

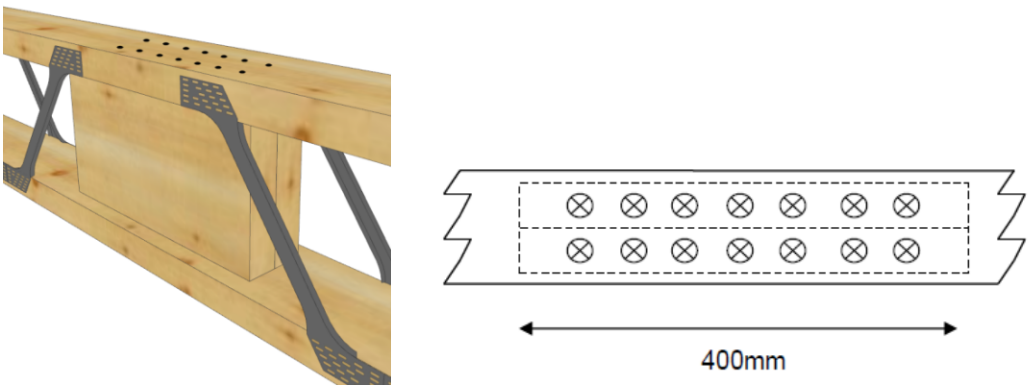


Figure 38: Détail de fixation sur une membrure épaisse (>120mm) d'un bloc d'interne composée de 2 plis, utilisant 7 pointes annelées de 3.1x90

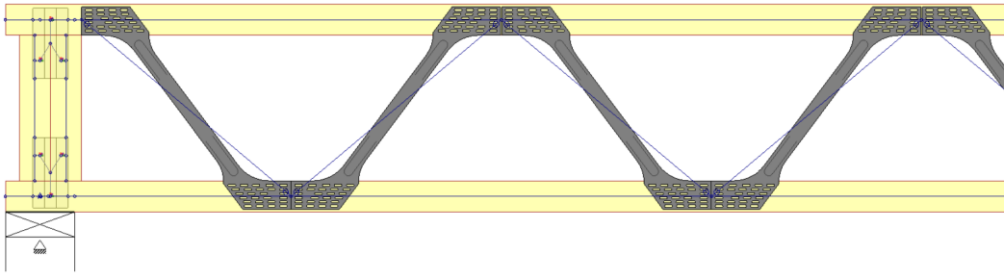


Figure 39 : Poutres POSI à V métalliques simples et son modèle structurel

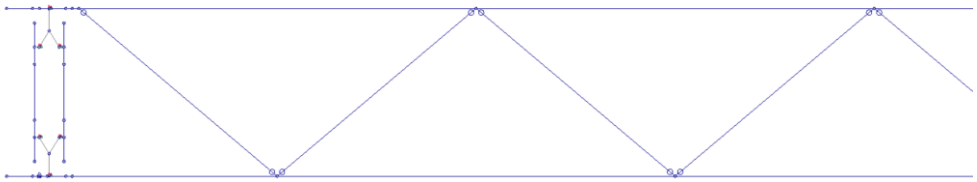


Figure 40 : Modèle structurel pour les poutres POSI avec V métalliques simples

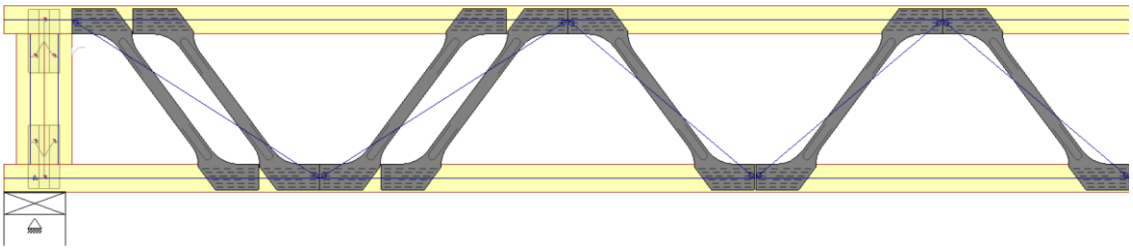


Figure 41 : Poutres POSI à V métalliques doubles et son modèle structurel

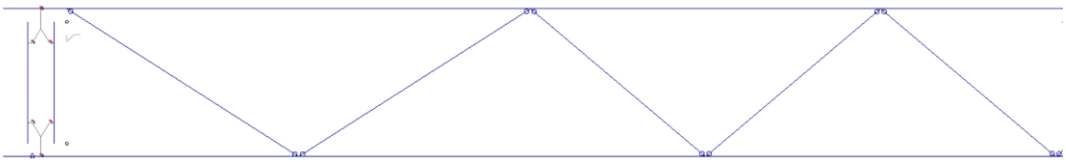
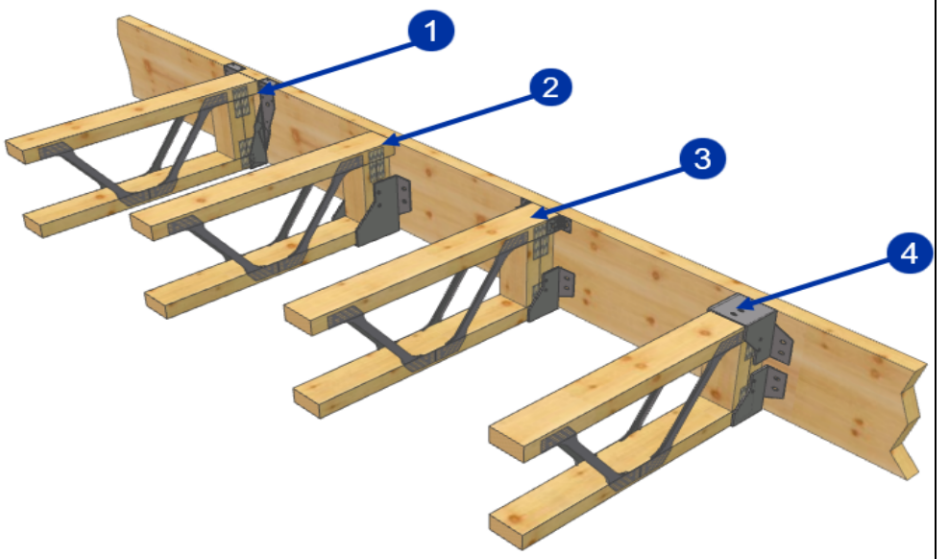


Figure 42 : Modèle structurel pour les poutres POSI avec V métalliques doubles



1. Sabot à bretelles où la hauteur du sabot permet de maintenir la membrure haute et basse.
2. Sabot à ailes extérieures ou intérieures dont la hauteur est ≥ 2/3 de la hauteur de la poutre.
3. 3. Sabot métallique dont la hauteur est < 2/3 de la hauteur de la poutre + une équerre de chaque côté pour éviter le déversement aux appuis.
4. Sabot métallique pour supporter la membrure basse, et un sabot inversé pour éviter le déversement aux appuis. Ce dispositif est à utiliser surtout en cas de soulèvement possible de la poutre.

Figure 43 : Fixation par sabots métalliques

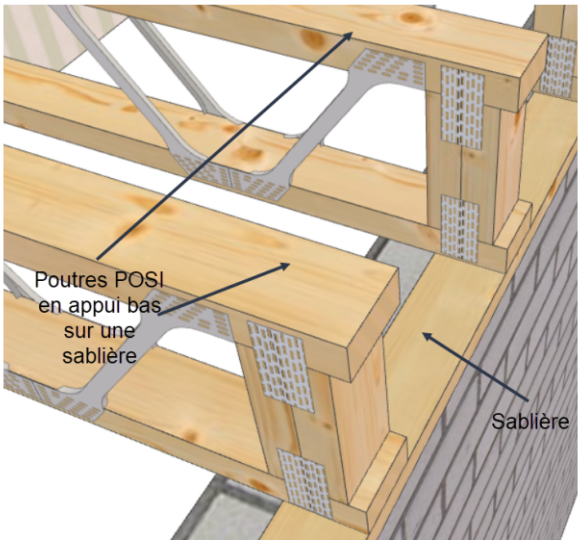


Figure 44 : Poutres POSI placées en appuis bas sur sablière

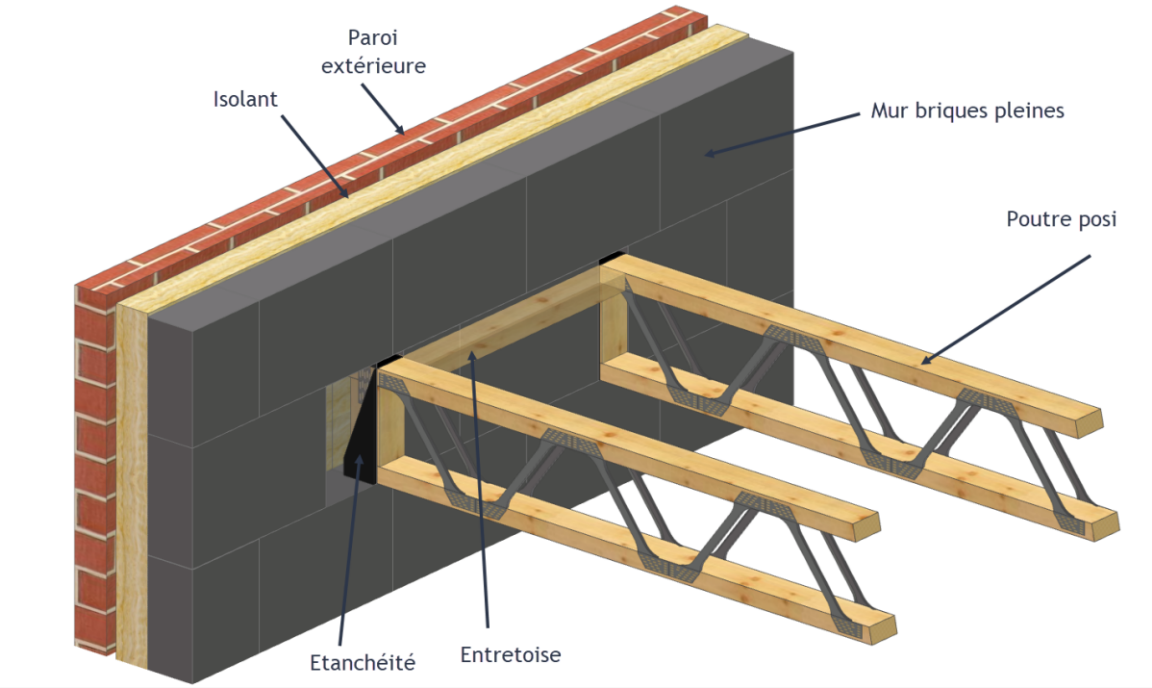
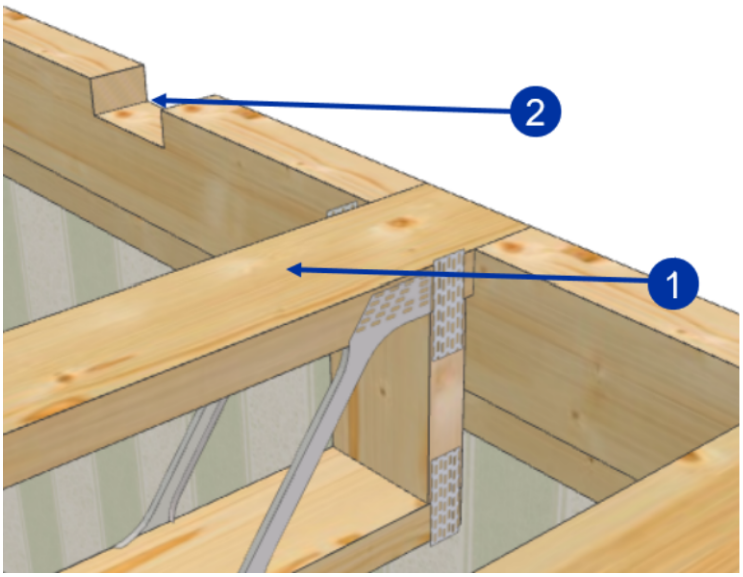


Figure 45 : Encastrement des poutres dans un mur à brique pleine



1. Poutre POSI placée en appui haut
2. Poutre entaillée pour l'insertion des poutres POSI

Figure 46 : Appui haut avec potelet sur poutre entaillée

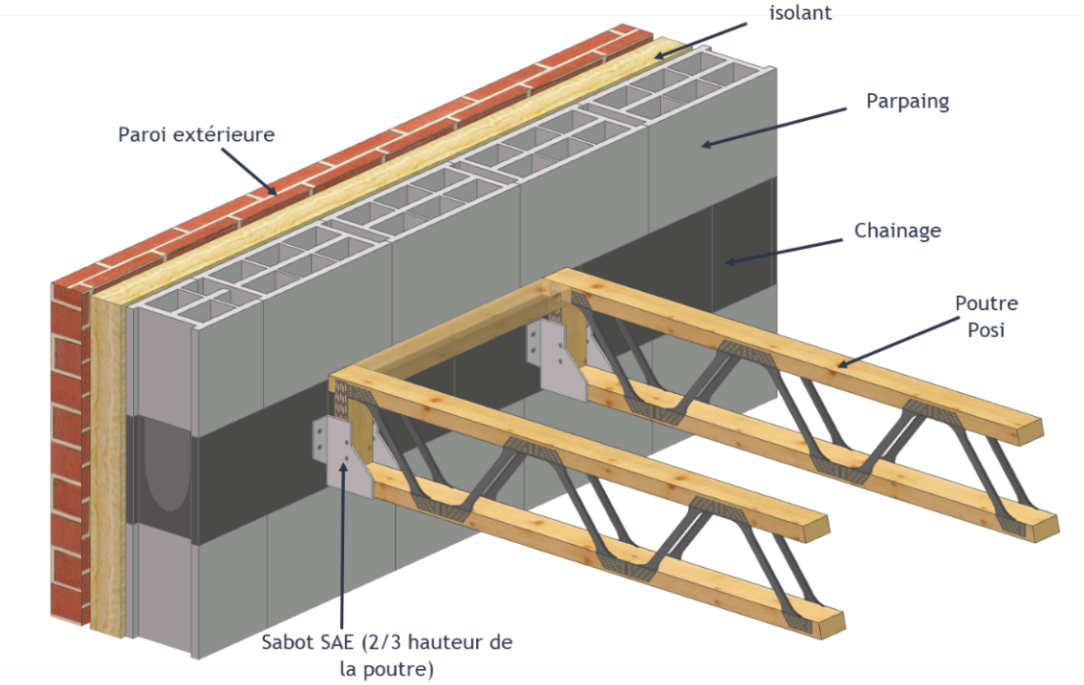


Figure 47 : Fixation par sabot contre chaînage

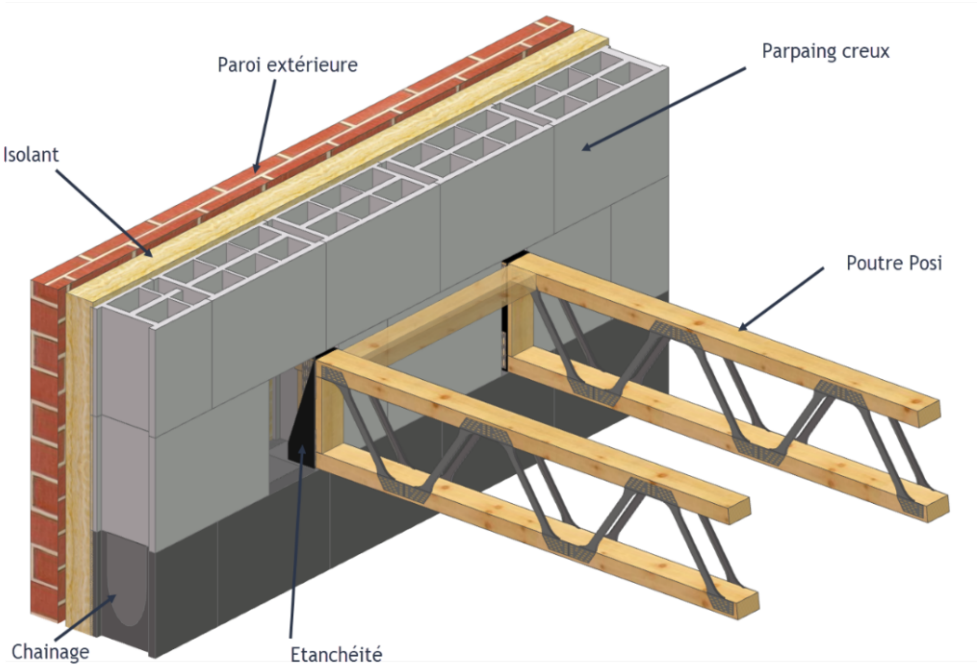


Figure 48 : Poutre encastrée sur chaînage béton

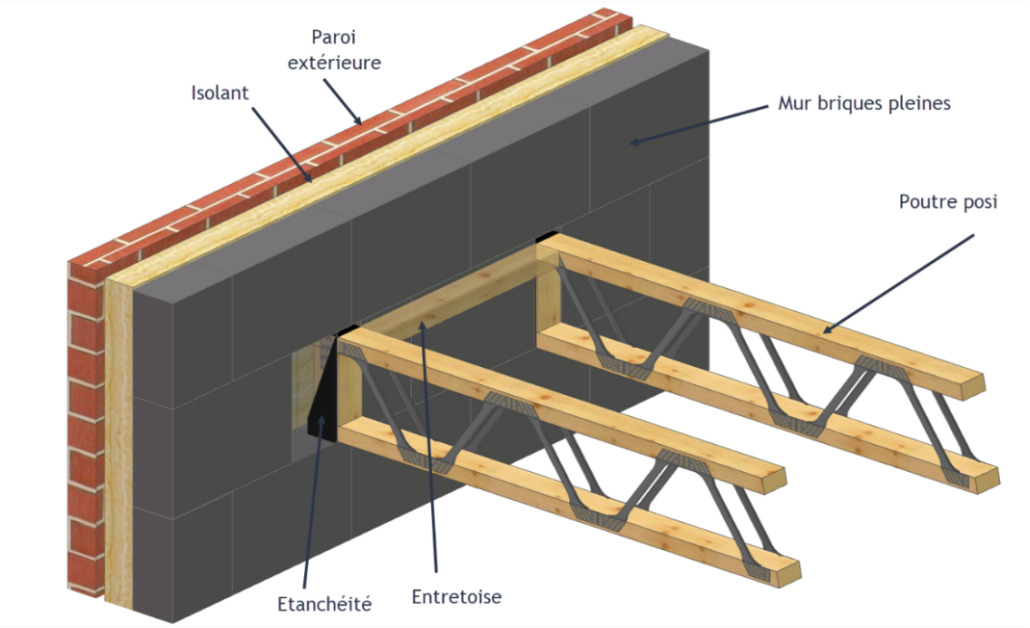


Figure 49 : Fixation par encastrement

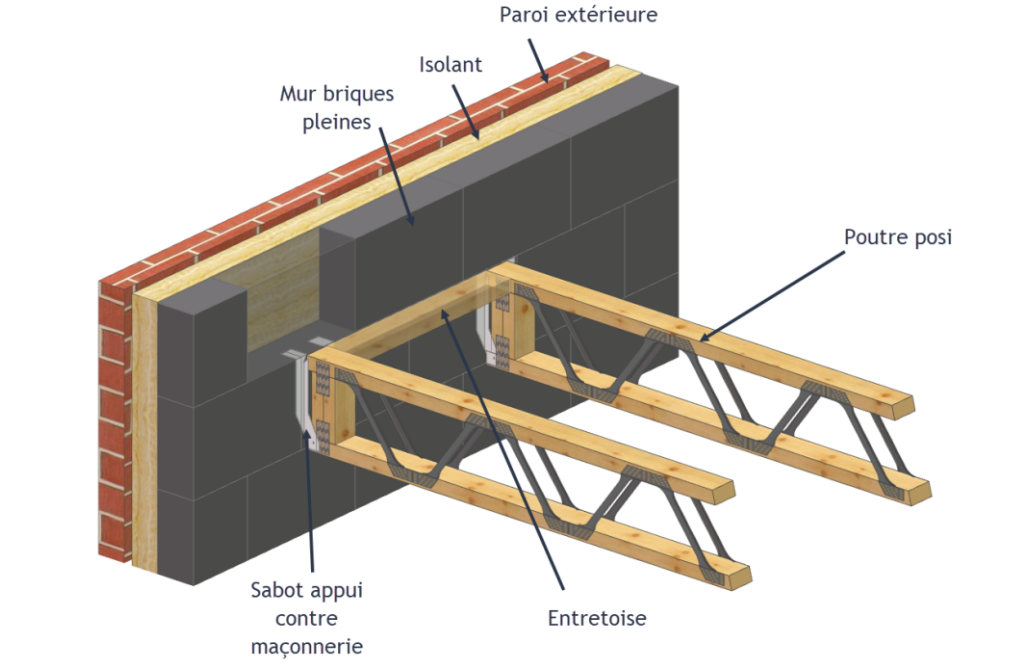


Figure 50 : Fixation par sabot



Figure 51: Muraillière en pignon sur support maçonnerie ou béton

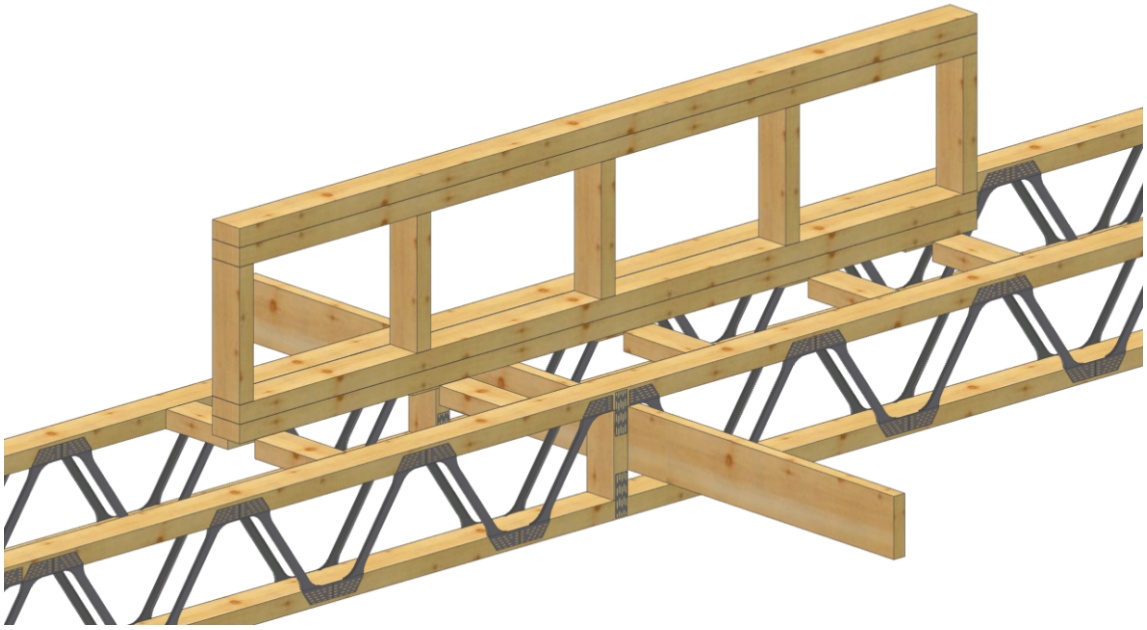


Figure 52 : Cloison légère parallèle aux solives

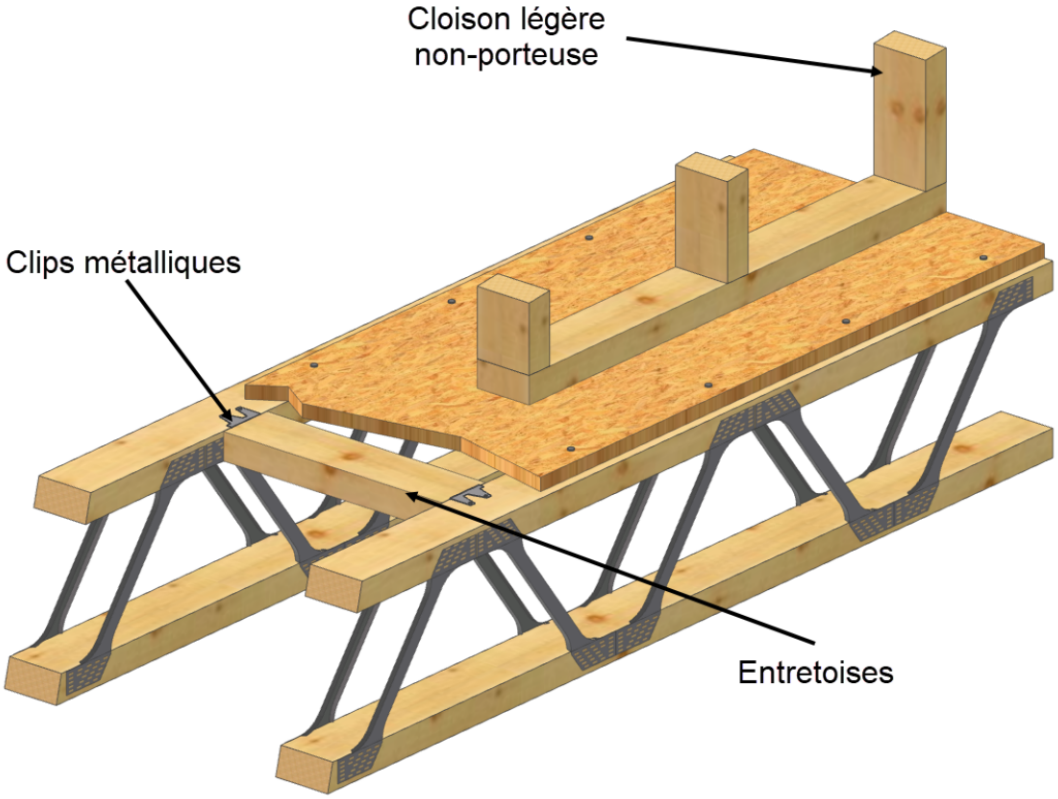


Figure 53 : Cloison légère parallèle aux solives

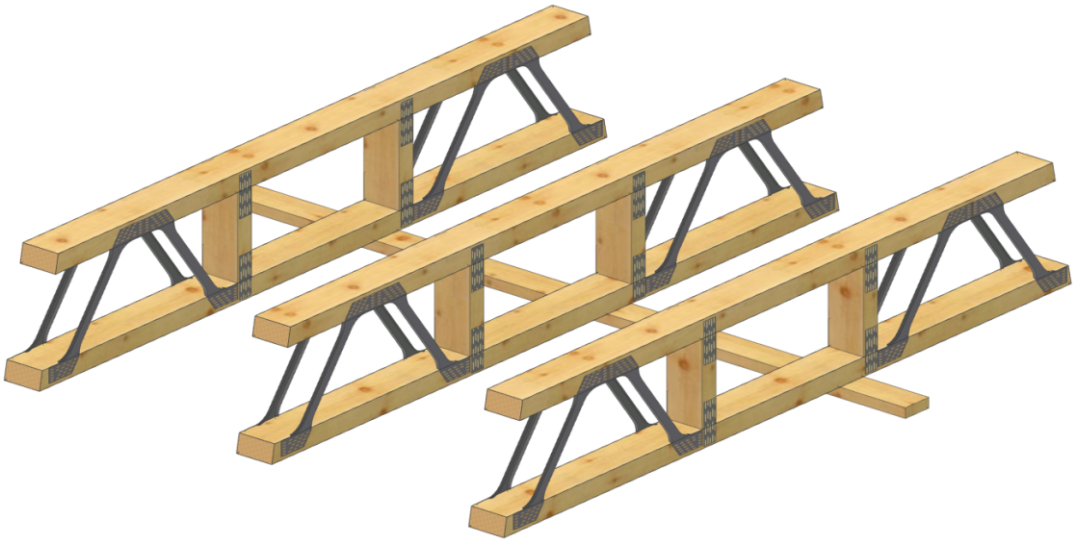


Figure 54 : Filant sous la poutre

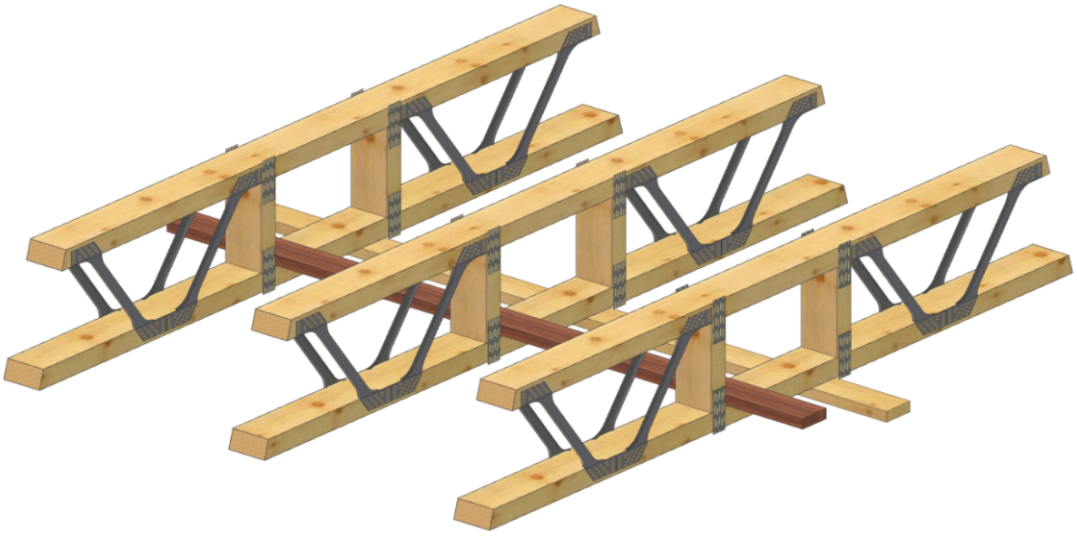


Figure 55: Filant d'entrait

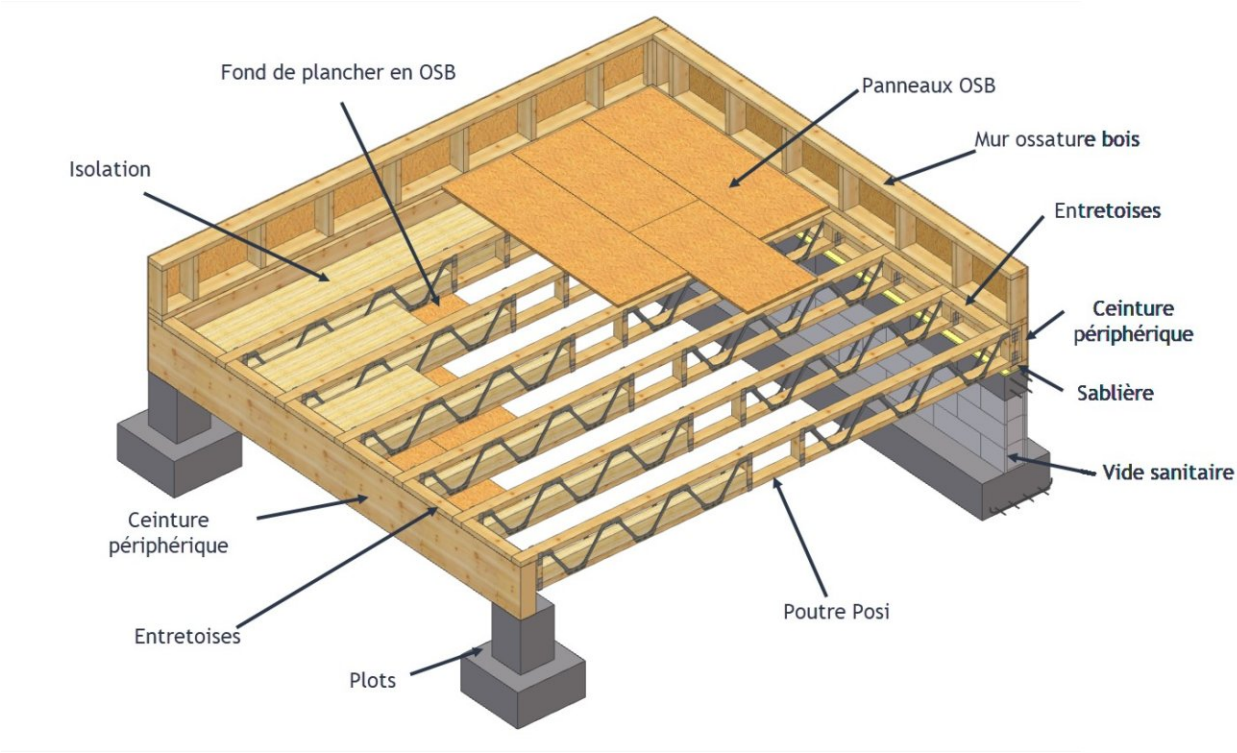


Figure 56 : Description d'un plancher RDC

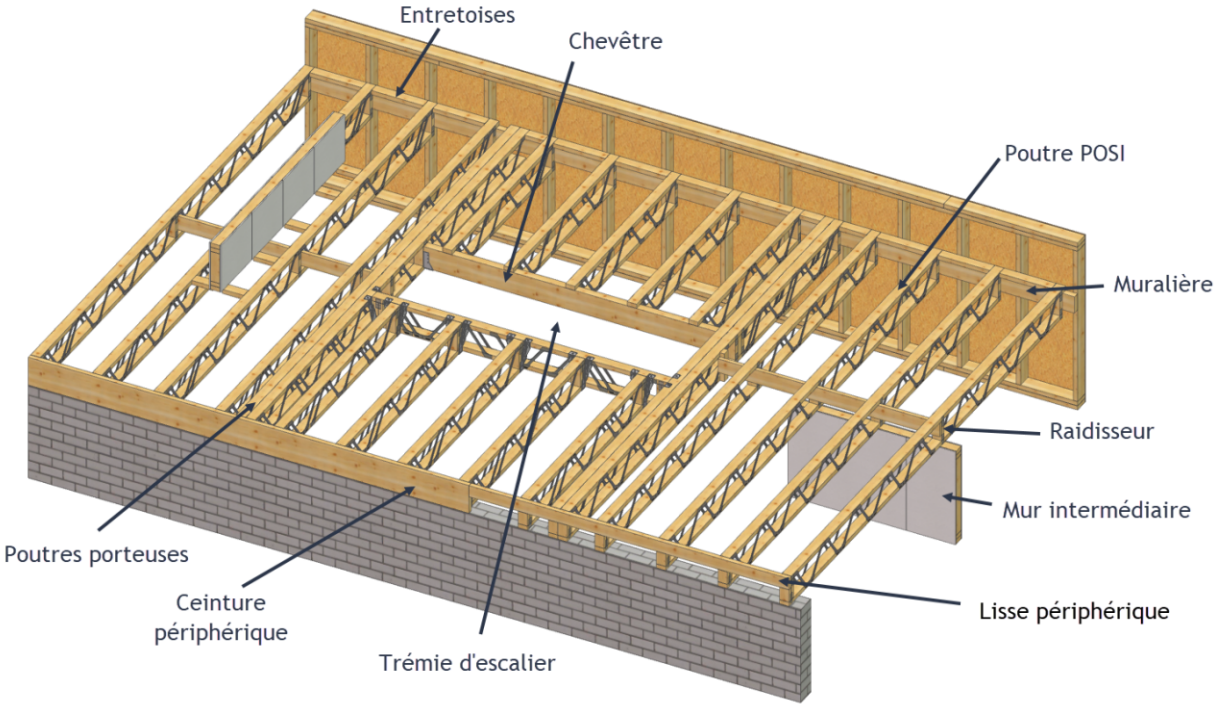


Figure 57 : Plancher intermédiaire

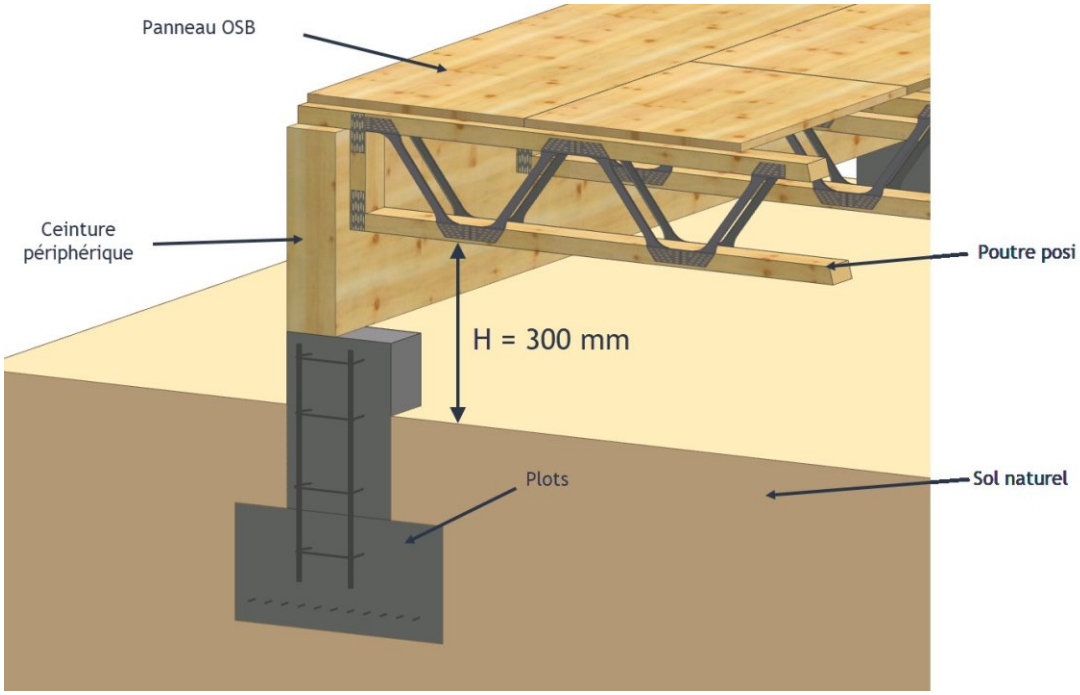


Figure 58 : Plancher sur poutre périphérique

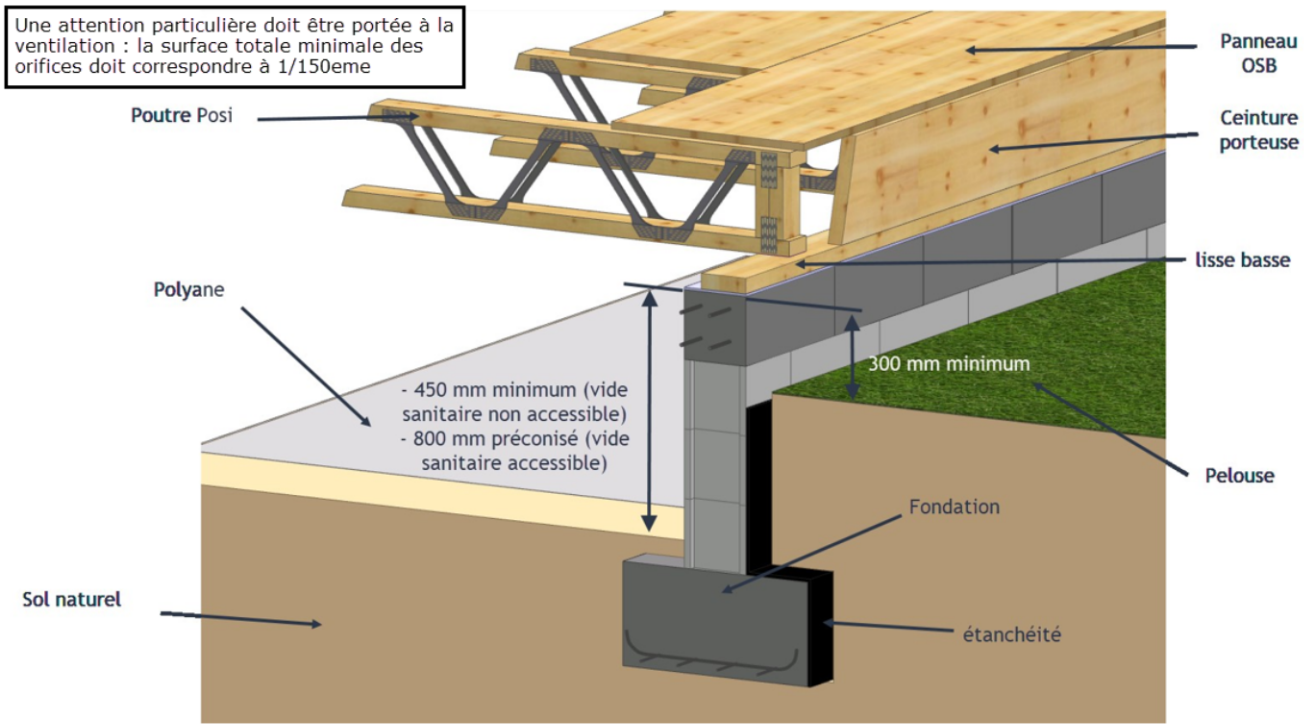


Figure 59 : Plancher sur vide sanitaire

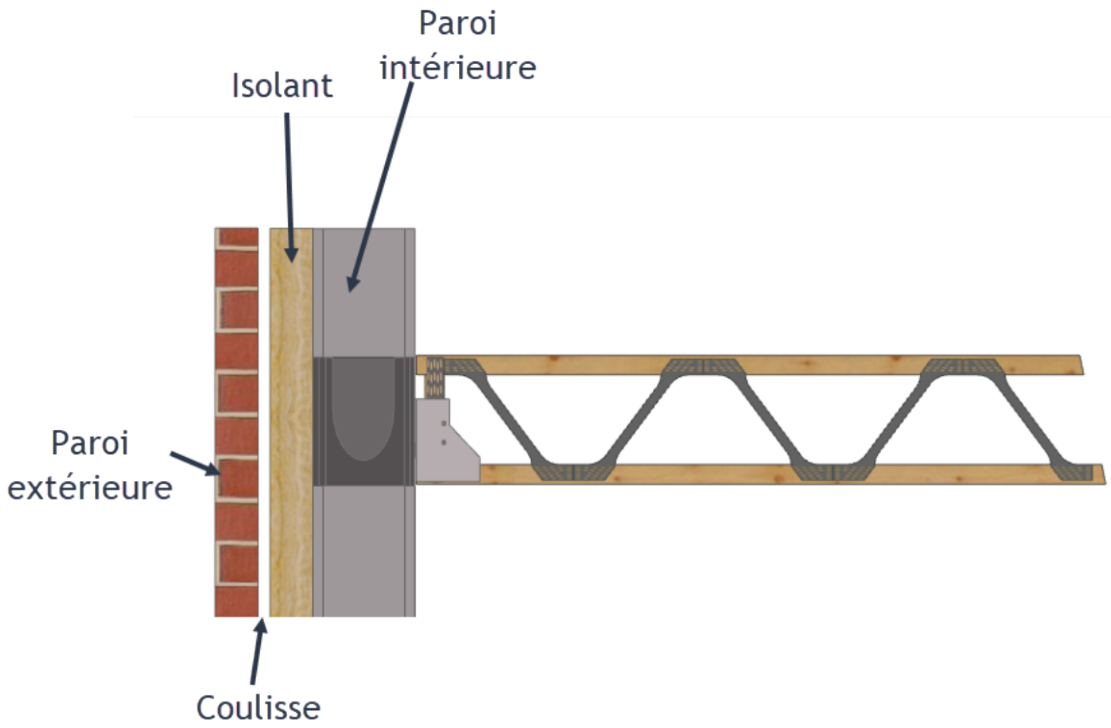


Figure 60 : Plancher intermédiaire fixé par sabot sur chaînage

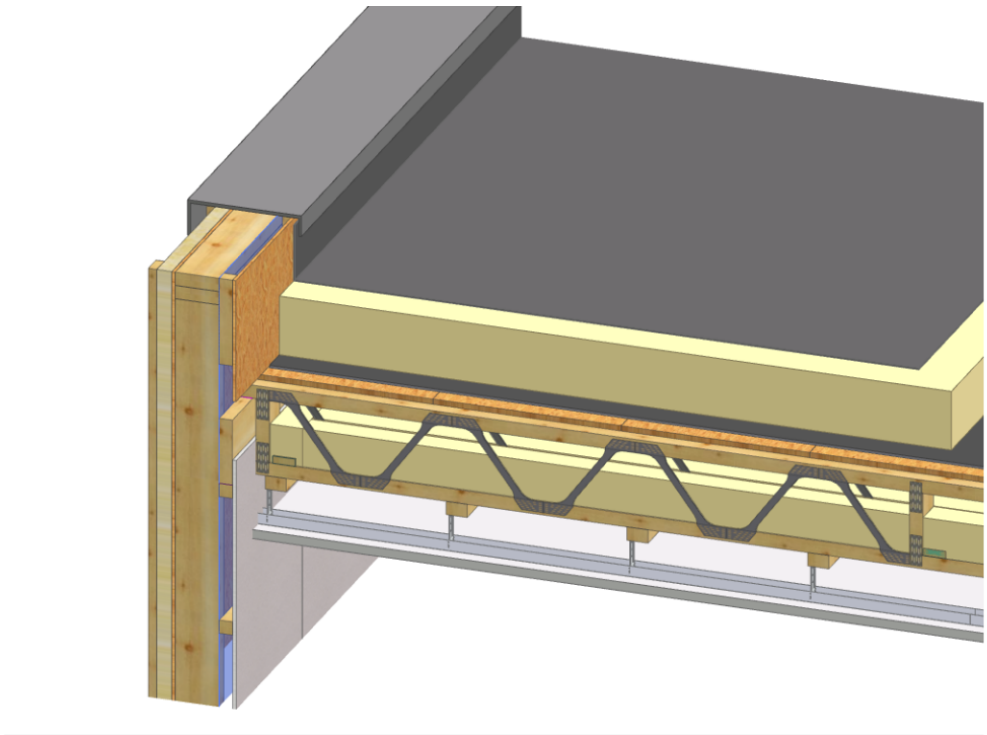


Figure 61 : Toiture plate (pente <3%) fixée sur ossature

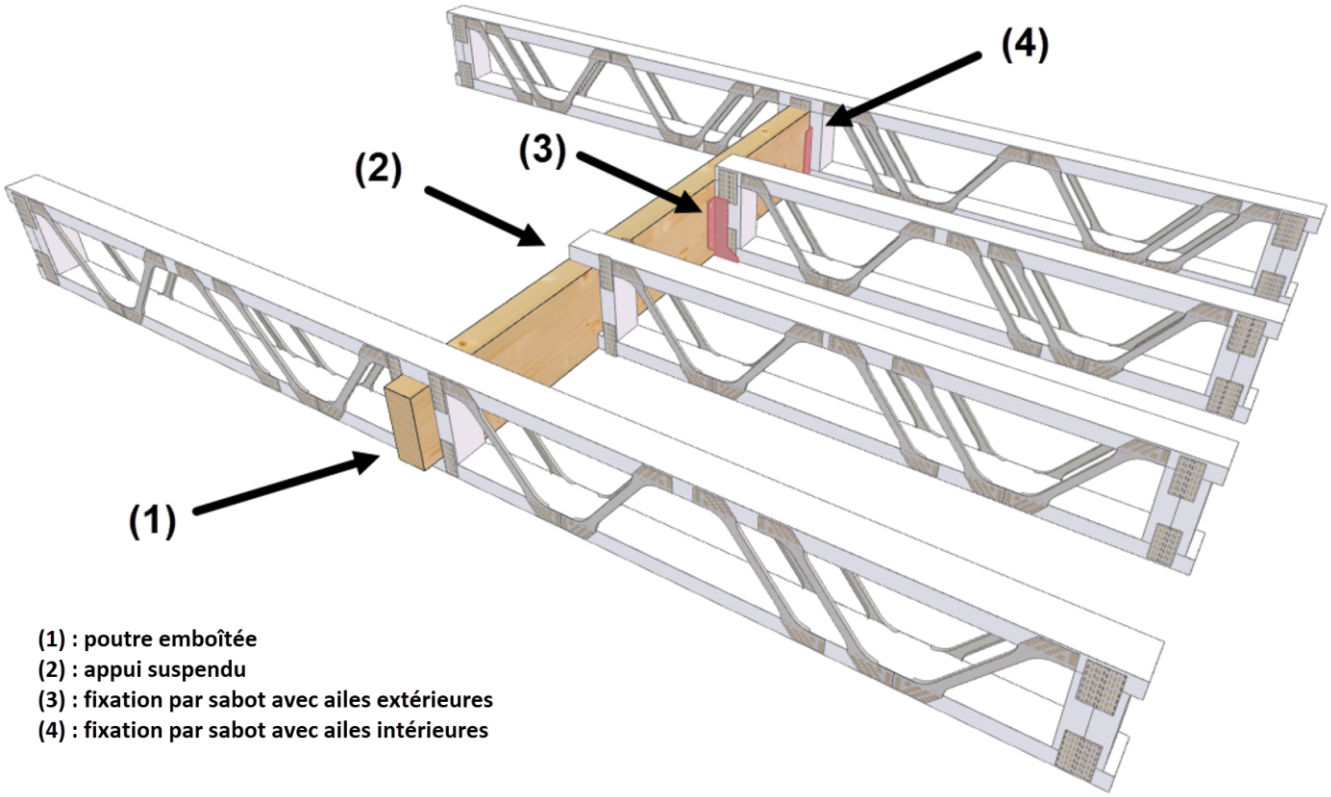


Figure 62 : Méthodes de fixation des chevêtres

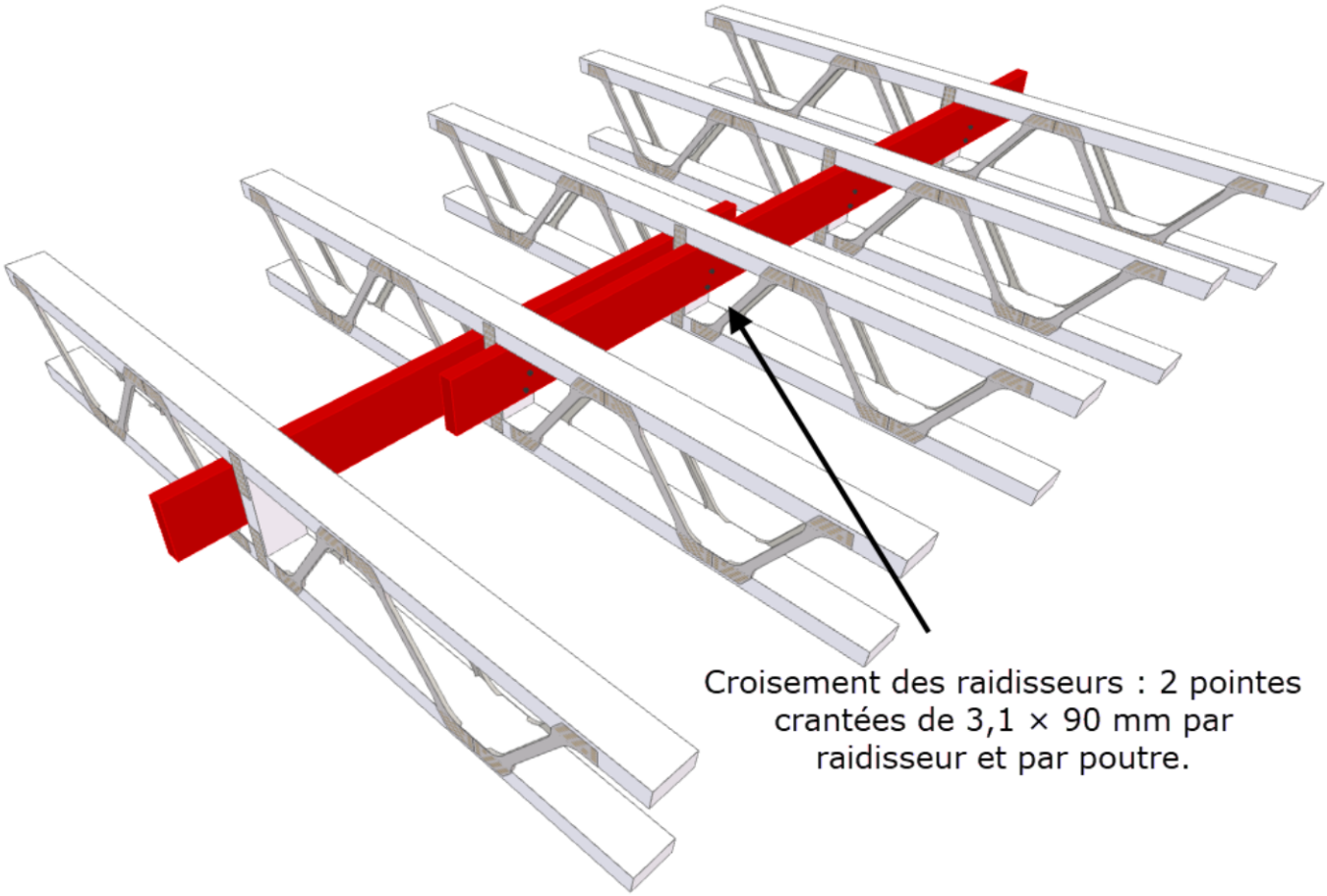


Figure 63 : Jonction des raidisseurs réalisée sur deux poutres

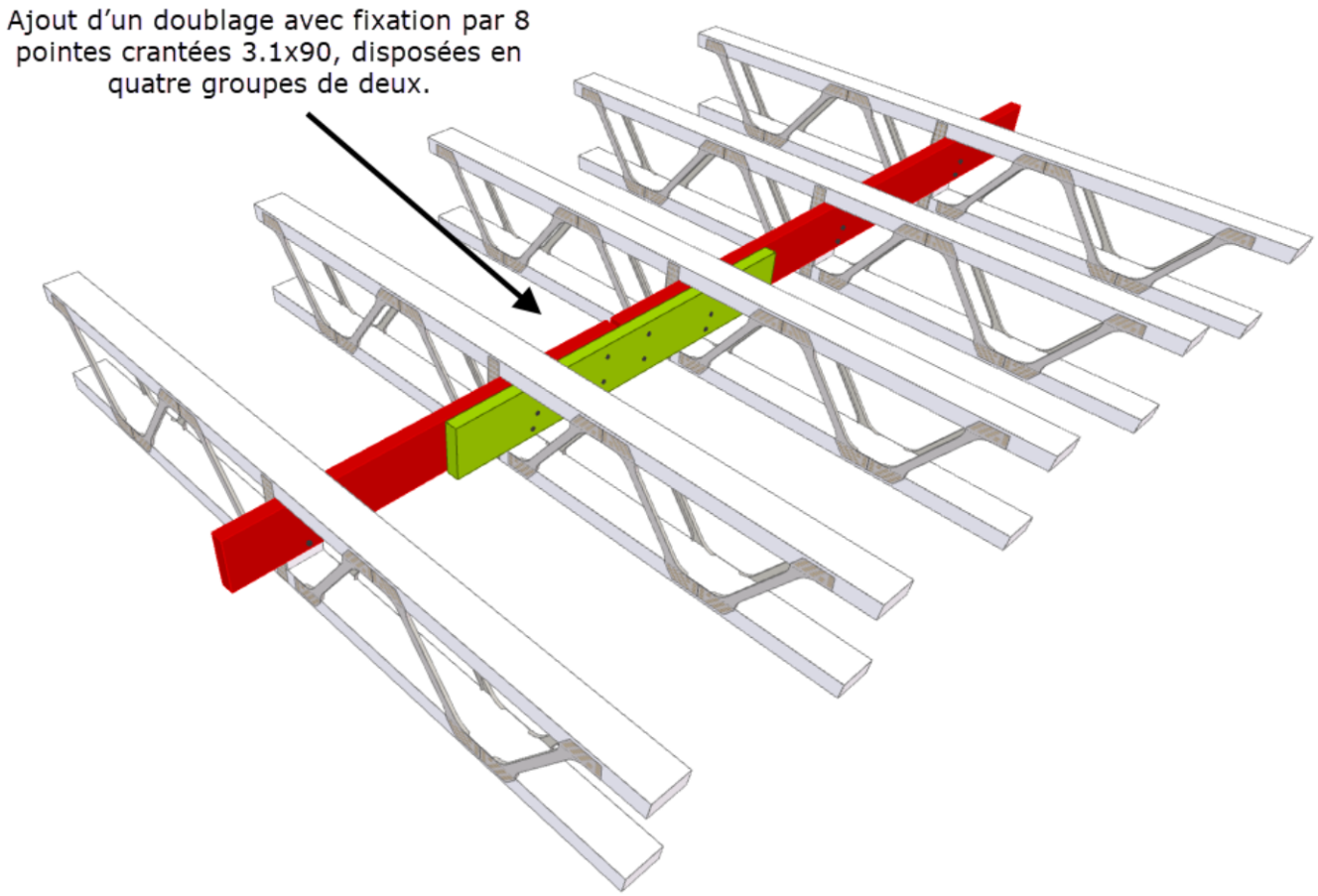


Figure 64 : Jonction des raidisseurs réalisée par doublage

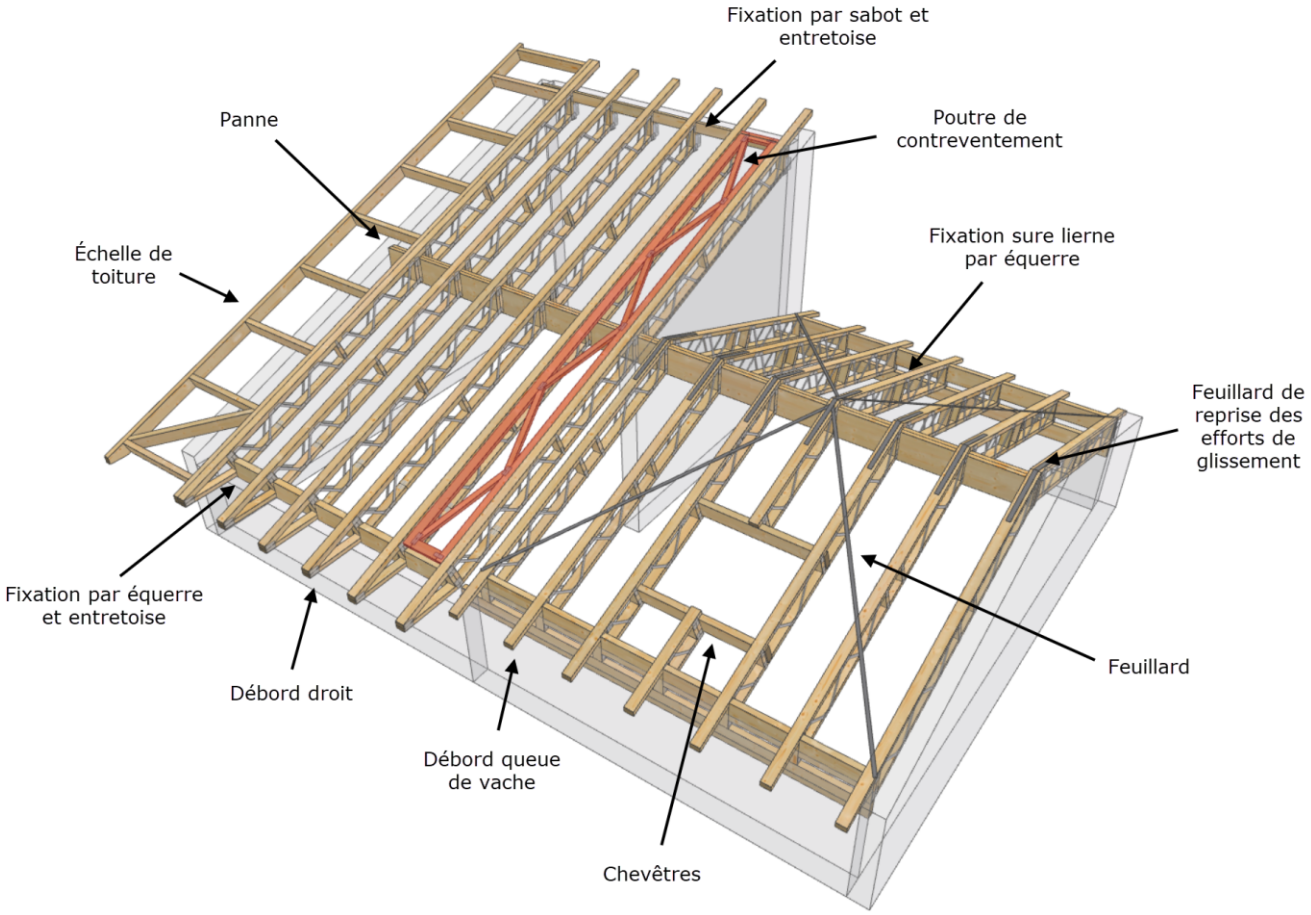


Figure 65 : Toiture et divers éléments – Chevron POSI

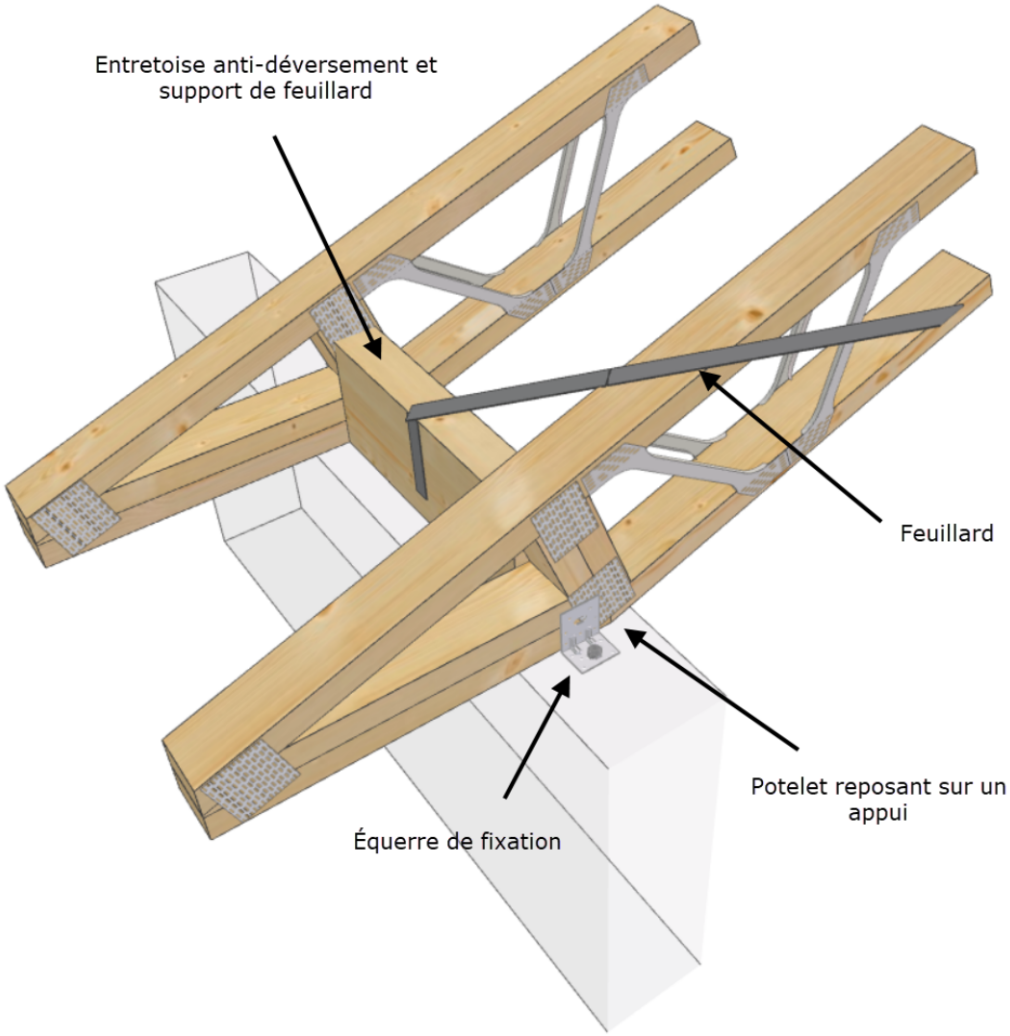


Figure 66 : Débord droit de toiture – Chevron POSI

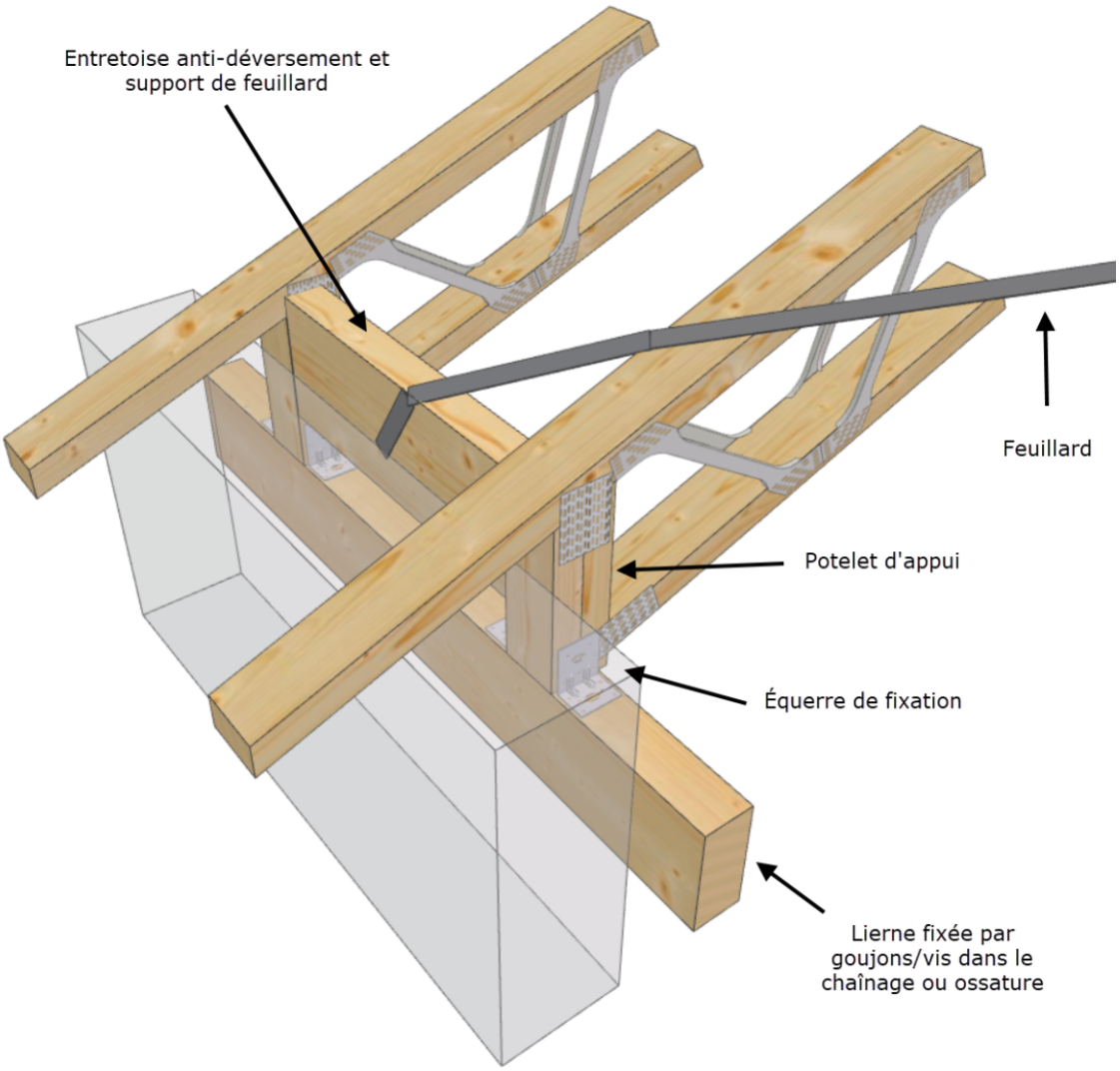


Figure 67 : Débord queue de vache – Chevron POSI

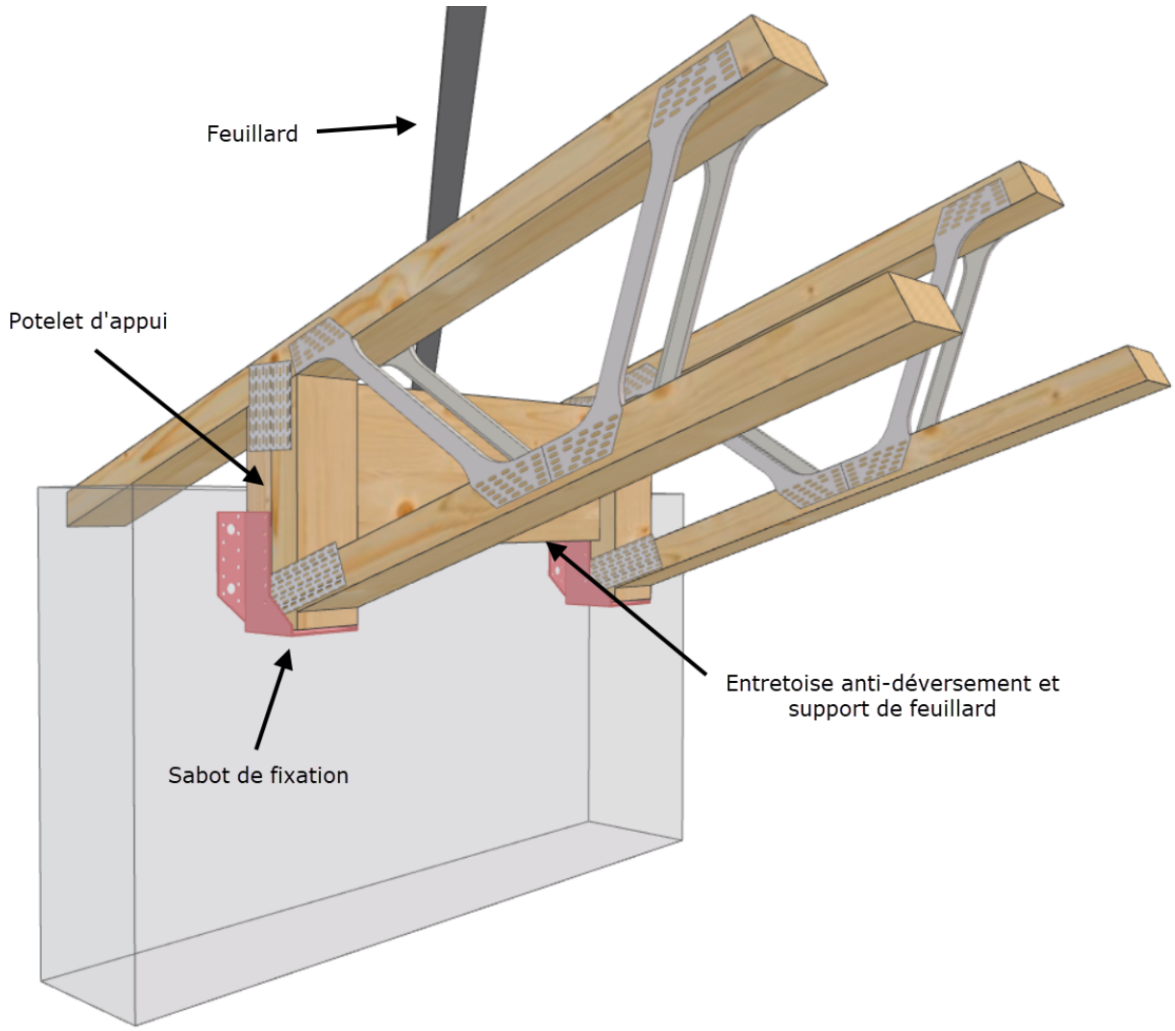


Figure 68 : Débord queue de vache – Chevron POSI – Fixation par sabot

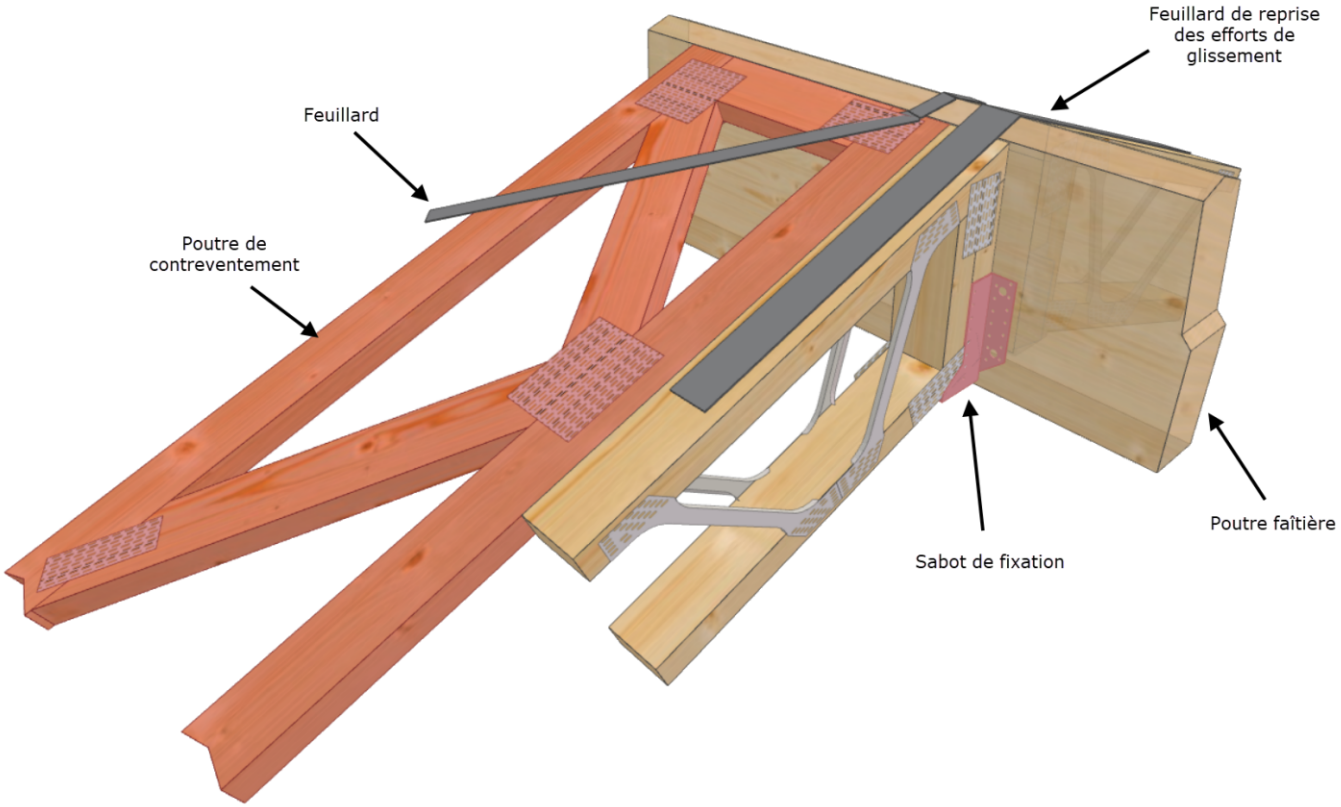


Figure 69 : Reprise des efforts de glissement – Chevron POSI – contreventement par poutre en croix de Saint-André

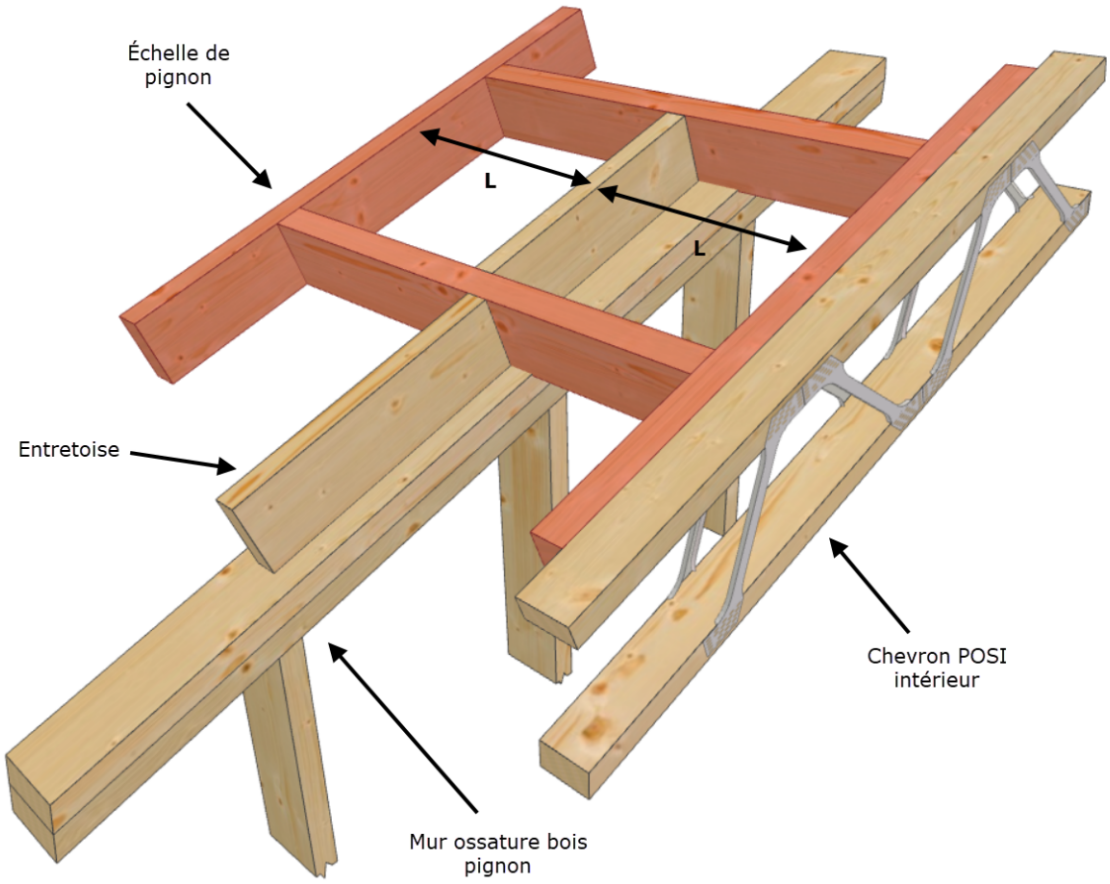


Figure 70 : Echelle de pignon – Chevron POSI

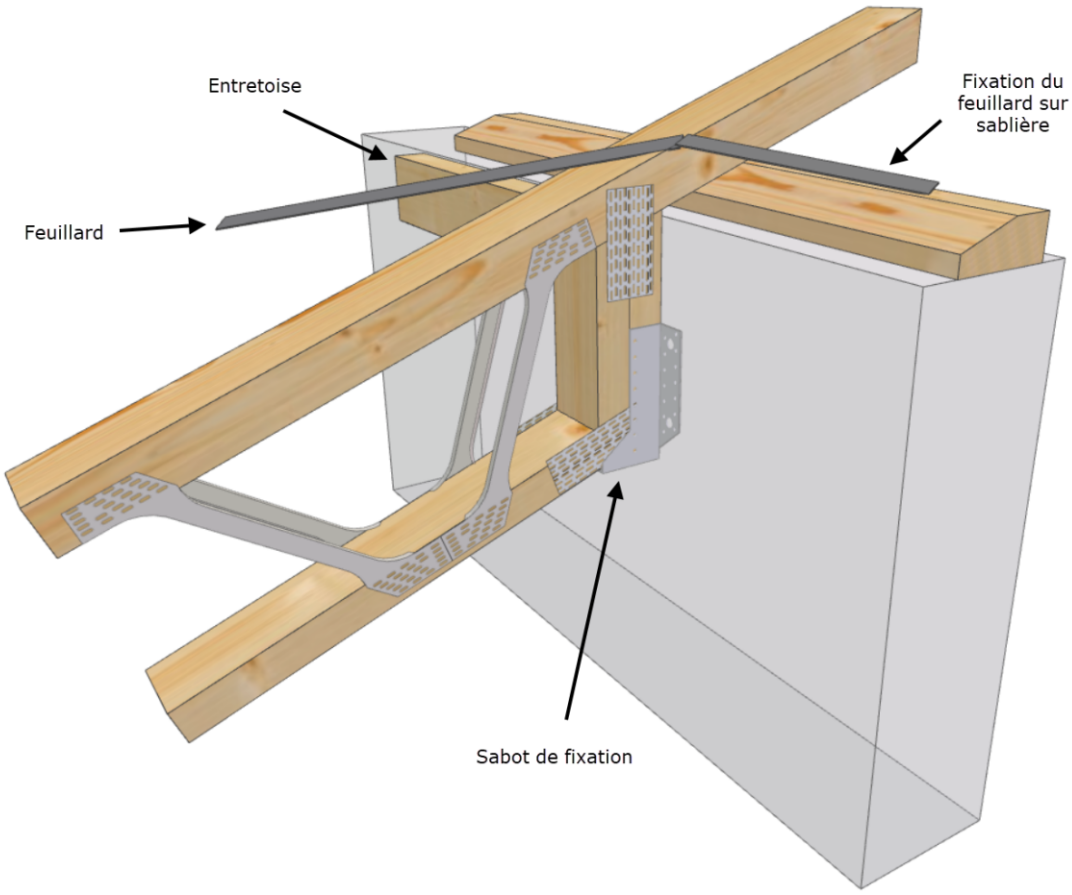


Figure 71 : Fixation haute sur mur par sabot – Chevron POSI

Tableaux 11 : Extrait de la Déclaration de performance (DoP) – plaque métallique emboutie M20

Caractéristiques essentielles	Performances	Spécification technique harmonisée
Acier	S250GD + Z275 NAC/MAC/MBC	EN 10143:2006 et EN 10346:2015
Épaisseur	1,0 mm	EN 14545:2008
Ancrage caractéristique de la plaque capacité / Bois lamellé-collé massif avec une densité caractéristique de ρ_k = 350 kg/m³	$f_{a,0,0}$ = 2,82 N/mm² $f_{a,90,90}$ = 1,50 N/mm² k_1 = -0,0061 k_2 = 0,0170 α_0 = 59,4 °	
Tension caractéristique de la plaque, capacité de compression et de cisaillement	$f_{t,0}$ = 148 N/mm ; $f_{t,90}$ = 136 N/mm $f_{c,0}$ = 76 N/mm ; $f_{c,90}$ = 88 N/mm $f_{v,0}$ = 69 N/mm ; $f_{v,90}$ = 43 N/mm γ_0 = -2,1° ; k_v = 0,87	
Module de glissement avec bois moyen densité moyenne ρ_m =420kg/m³	kser, moyenne = 14,7 N/mm³	
Ductilité de la racine du clou	Réussie	
Épaisseur minimale du bois	35 mm	
Durabilité, protection contre la corrosion	Revêtement en zinc à chaud Z275	
Classe de service	2	EN1995-1-1

Tableaux 12 : Extrait de la Déclaration de performance (DoP) – plaque métallique emboutie M20H

Caractéristiques essentielles	Performances
Résistance mécanique et rigidité	
Caractéristiques de la capacité d'ancrage des plaques pour le bois massif d'une densité caractéristique de ρ_k = 350 kg/m³	$f_{a,0,0}$ = 3,02 N/mm² $f_{a,90,90}$ = 1,73 N/mm² k_1 = -0,00256 k_2 = 0,01136 α_0 = 60,0°
Capacité caractéristique de la plaque en traction, compression et cisaillement	$f_{t,0}$ = 177 N/mm ; $f_{t,90}$ = 166 N/mm $f_{c,0}$ = 89 N/mm ; $f_{c,90}$ = 105 N/mm $f_{v,0}$ = 88 N/mm ; $f_{v,90}$ = 47 N/mm γ_0 = -12,0° ; k_v = 1,32
Module de glissement avec densité moyenne du bois ρ_m = 420 kg/m³	$k_{ser,\ moyenne}$ = 11,6 N/mm³
Ductilité de la racine du clou	Réussite
Durabilité (c'est-à-dire protection contre la corrosion)	
Protection contre la corrosion	Z275, revêtement en zinc appliqué à chaud
Classe de service	2

Tableaux 13 : Extrait de la Déclaration de performance (DoP) – plaque métallique emboutie M16H

Caractéristiques essentielles	Performances
Résistance mécanique et rigidité	
Caractéristiques de la capacité d'ancrage de la plaque pour le bois massif avec une densité caractéristique de ρ_k = 350 kg/m³	$f_{a,0,0}$ = 2,23 N/mm² $f_{a,90,90}$ = 1,75 N/mm² k_1 = -0,0091 k_2 = -0,0051 α_0 = 30°
Capacité caractéristique de la plaque en traction, compression et cisaillement	$f_{t,0}$ = 394 N/mm ; $f_{t,90}$ = 133 N/mm $f_{c,0}$ = 185 N/mm ; $f_{c,90}$ = 102 N/mm $f_{v,0}$ = 131 N/mm ; $f_{v,90}$ = 112 N/mm γ_0 = -11,0° ; k_v = 0,25
Module de glissement avec densité moyenne du bois ρ_m = 420 kg/m³	$k_{ser,\ moyenne}$ = 4,6 *N/mm³*
Ductilité de la racine du clou	Réussi
Durabilité (c'est-à-dire protection contre la corrosion)	
Protection contre la corrosion	Z275, revêtement en zinc appliqué à chaud
Classe de service	2