3.3/19-986_V2

Valide du **07 juillet 2026**

au **07 juillet 2031**

Sur le procédé

Goujon collé RBF

Famille de produit/Procédé : Assemblage pour structure bois

Titulaire(s) : **Société SIMONIN SAS**
Société JPF-DUCRET

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° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure

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
V2	Extension du domaine d'emploi avec : • possibilité d'injecter la résine hors ateliers Simonin ou JPF Ducret, dans les mêmes conditions. • mise à jour des nuances d'acier inoxydable • mise à jour du facteur γMb Mise à jour de l'Appréciation de laboratoire de résistance au feu Mise à jour des références chantier	Loïc PAYET	Roseline BERNARDIN-EZRAN

Descripteur :

Le système de goujons collés RBF est un dispositif d'assemblage d'éléments de structure en bois réalisé au moyen de goujons métalliques collés au moyen d'une résine époxy bi composant, dispositif destiné à la réalisation d'assemblages en construction neuve ou en rénovation, en classes de service 1, 2 et 3, pour des structures exposées à des températures maximales à court terme inférieures à 60°C (<24 heures) et à des températures maximales à long terme inférieures à 40°C. Le système de goujons collés RBF est destiné à la réalisation d'assemblages au moyen de goujons dont le diamètre est compris entre 12 mm et 25 mm. Le système de goujons collés RBF permet l'assemblage entre eux des éléments linéiques de structures bois ainsi que l'assemblage de ces éléments à d'autres éléments de structure (support en béton par exemple). Ces assemblages peuvent être soumis à des sollicitations axiales et/ou transversales.

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 4
1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé 4
1.2.2. Durabilité 5
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 5
2. Dossier Technique 6
2.1. Mode de commercialisation 6
2.1.1. Coordonnées 6
2.2. Description 6
2.2.1. Principe 6
2.2.2. Caractéristiques des composants 6
2.3. Dispositions de conception 7
2.3.1. Conditions de conception et de calcul 7
2.3.2. Dimensionnement 8
2.4. Dispositions de mise en œuvre 15
2.4.1. Mise en œuvre des goujons collés 15
2.4.2. Mise en œuvre de la structure 16
2.4.3. Transport et stockage sur chantier 16
2.4.4. Manutention et stabilité provisoire 16
2.4.5. Traitement de préservation 17
2.4.6. Dispositions constructives générales 17
2.4.7. Assistance Technique 17
2.5. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication 17
2.5.1. Fabrication 17
2.5.2. Contrôle de fabrication 17
2.6. Mention des justificatifs 18
2.6.1. Résultats expérimentaux 18
2.6.2. Références chantiers 18
2.7. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre 20

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 est formulé pour les utilisations en France Métropolitaine et dans les DROM-COM, zones sismiques 1 à 5 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

1.1.2. Ouvrages visés

Le domaine d'emploi accepté par le Groupe spécialisé n°3.3 concerne les classes de service 1, 2 et 3 au sens de la norme NF EN 1995-1-1, pour des structures exposées à des températures maximales à court terme inférieures à 60 °C (<24 heures) et à long terme inférieures à 40 °C.

L'utilisation dans les DROM-COM suppose le respect des dispositions habituelles pour les charpentes et assemblages traditionnels réalisés dans les mêmes conditions climatiques.

L'utilisation des essences Chêne et Iroko est possible uniquement en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1, sous réserve des vérifications énoncées au §2.2.2.1 du Dossier Technique.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

La stabilité des structures bois assemblées au moyen du système de goujons collés RBF est normalement assurée, y compris dans les zones sismiques, sous réserve que la conception et la réalisation des assemblages respectent les conditions définies dans le Dossier Technique.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

Résistance au feu

Conformément aux conditions prévues par l'Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 modifié relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, le système d'assemblages par goujons collés RBF est à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu allant jusqu'à 120 min dans les conditions précisées dans l'Appréciation de laboratoire de résistance au feu N°CO11-1998_V4.

Réaction au feu

Les assemblages goujons collés RBF bénéficient d'un classement conventionnel en réaction au feu D-s2, d0 selon la norme NF EN 13501-1. L'adéquation entre ce classement et les exigences réglementaires doit être examinée au cas par cas en fonction du type de bâtiment et de l'emplacement des éléments dans l'ouvrage.

1.2.1.3. Sécurité en cas de séisme

Le système d'assemblage par goujons collés RBF peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas d'utilisation en zones sismiques pour lesquelles des dispositions sont requises au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, sous réserve du respect des conditions précisées au §2.3.2.13 du Dossier Technique.

1.2.1.4. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

La sécurité du travail sur chantier peut être normalement assurée, en ce qui concerne le procédé proprement dit, moyennant les précautions habituelles à prendre pour la manutention d'éléments préfabriqués de grandes dimensions. Dans le cas où la phase de manutention génère des efforts nettement supérieurs à ceux subis par l'élément de structure mis en œuvre dans l'ouvrage, les points d'attaches conçus et prescrits par SIMONIN et JPF-DUCRET doivent être respectés sur chantier.

Lors des phases provisoires, et tant que l'ensemble des éléments nécessaires au contreventement définitif de l'ouvrage ne sont pas mis en œuvre, la stabilité des éléments assemblés à l'aide des goujons collés RBF, doit être assurée au moyen d'un étaiement garantissant la stabilité particulière de chaque élément et la stabilité générale du bâtiment en cours de construction. D'une manière générale, la mise en œuvre des éléments assemblés à l'aide des goujons collés RBF impose les dispositions usuelles relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur.

1.2.1.5. Données environnementales

Le procédé d'assemblage par goujons collés RBF ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

1.2.1.6. Aspects sanitaires

Le présent avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.2. Durabilité

La durabilité des éléments bois face aux éléments fongiques peut être normalement assurée soit du fait de la durabilité naturelle de l'essence utilisée, soit par l'application d'un traitement de préservation dans les conditions fixées aux §2.4.5 du Dossier Technique.

Le deuxième décret n° 2006-591 d'application de la loi n° 99-471 du 8 juin 1999 tendant à protéger les acquéreurs et propriétaires d'immeubles contre les termites et autres insectes xylophages - dite loi termites, suivi par l'arrêté du 16 février 2010 modifiant l'arrêté du 27 juin 2006 relatif à l'application des articles R.112-2 et R. 112-4 du code de la construction et de l'habitation, vise la protection des bois et des matériaux à base de bois participant à la solidité des ouvrages et mis en œuvre lors de la construction de bâtiments neufs ou de travaux d'aménagement. Les éléments assemblés à l'aide des goujons collés RBF répondent à la réglementation en vigueur sous réserve des dispositions complémentaires données au Dossier Technique.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 3.3 :

Les assemblages par goujons collés nécessitent un contrôle qualité de la fabrication, une caractérisation spécifique de la résine utilisée vis-à-vis de cet usage et enfin une évaluation du comportement à long terme tenant compte de l'ambiance (température et humidité). . Ces raisons amènent à considérer cette technique d'assemblage comme non traditionnelle en regard de celles usuellement pratiquées en charpente bois.

La rigueur et la technicité nécessaires pour réaliser l'injection de la résine et les opérations préalables rendent indispensable la réalisation de ces opérations uniquement par le titulaire de l'Avis, dans ses ateliers de fabrication ou dans une zone de pré-assemblage à proximité de l'ouvrage final selon un plan d'assurance qualité spécifique, avec le matériel dédié à cette activité et l'usage exclusif de la résine RBF visée par l'Avis.

Le comportement de l'assemblage ne devant pas être dégradé en situation sismique, l'assemblage doit être dimensionné en considérant la structure en classe de faible ductilité (DCL). Le Groupe tient à attirer l'attention sur le fait que cette condition est indispensable pour ne pas dégrader localement les zones d'assemblage.

Enfin, la limitation du domaine d'emploi en fonction des températures d'exposition est liée à la température de transition vitreuse de la résine RBF (67°C).

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

2.1.1. Coordonnées

Titulaire : Société SIMONIN SAS
France - 25500 Montlebon
Tel : 33 (0)3 81 67 01 26
Fax : 33 (0)3 81 67 26 52
Email : simonin@simonin.com
Site Internet : www.simonin.com

Société JPF-DUCRET SA
Suisse – 1630 Bulle
Tel : 41 (0)26 919 72 82
Email : secretariat@jpf-ducret.ch
Site Internet : www.jpf.ch/jpf-ducret/

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le système de goujons collés RBF est un dispositif d'assemblage d'éléments de structure en bois réalisé au moyen de goujons métalliques collés au moyen d'une résine époxy bi composant, dispositif destiné à la réalisation d'assemblages en construction neuve ou en rénovation, en classes de service 1, 2 et 3, pour des structures exposées à des températures maximales à court terme inférieures à 60°C (< 24 heures) et à des températures maximales à long terme inférieures à 40°C.

Le système de goujons collés RBF est destiné à la réalisation d'assemblages au moyen de goujons dont le diamètre est compris entre 12 mm et 25mm.

Le système de goujons collés RBF permet l'assemblage entre eux d'éléments linéiques de structures bois ainsi que l'assemblage de ces éléments à d'autres éléments de structure (support en béton par exemple). Ces assemblages peuvent être soumis à des sollicitations axiales et/ou transversales.

La résine utilisée pour le collage des goujons du système de goujons collés RBF est formulée sur une base commune de résine époxy bi composant (résine + durcisseur) conditionnée en cartouches ou en fûts sous la dénomination commerciale RBF. Le pré-dosage des deux composants (résine et durcisseur) permet d'assurer l'homogénéité du mélange lors de l'injection sous pression ou par gravité. Les deux composants, résine et durcisseur, font l'objet de fiches de données de sécurité précisant notamment les précautions à prendre relatives à la manipulation et au stockage.

Le marquage comprend la dénomination commerciale, le nom de la société, les conditions de la mise en œuvre et le numéro de lot permettant d'assurer la traçabilité du lot de conditionnement de la résine.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Bois

Les éléments linéiques en bois destinés à être assemblés au moyen du système de goujons collés RBF peuvent être réalisés :

- En bois lamellé-collé résineux de qualité GL24h minimum, conformément à la norme NF EN 14080,
- En bois lamellé-collé iroko ou en chêne, produit sous ETE ou Convention de Contrôle ou Marque CTB du FCBA
- En Bois Massif Reconstitué (BMR) résineux constitué de lamelles de classe C24 selon la norme NF EN 14080, la classe de résistance retenue pour l'élément de BMR étant alors également C24.

2.2.2.2. Goujons acier

Les goujons métalliques peuvent être réalisés en acier de classe 5.8, 6.8, 8.8, 10.9, en acier inoxydable A2, A3 ou A4 de classe 50, 70 ou 80, ou encore en barres d'armature B 500B, le choix de la classe de qualité étant déterminé en fonction du dimensionnement au cas par cas. Les tiges filetées et barres d'armature utilisées pour la fabrication des goujons doivent être accompagnées d'une justification de leurs performances mécaniques au moyen d'une fiche de contrôle conforme à la norme NF EN 10204.

Tableau 1 : Caractéristiques mécaniques des goujons acier

Tiges filetées acier		5.8	6.8	8.8	10.9
Limite élastique $f_{y,k}$	MPa	400	480	640	900
Limite à rupture $f_{u,k}$	MPa	500	600	800	1000
Tiges filetées Inox (A2 à A4)		**A-50**	**A-70**	**A-80**	
Limite élastique $f_{y,k}$	MPa	210	450	600	
Limite à rupture $f_{u,k}$	MPa	500	700	800	
Barres d'armatures		**B500B**			
Limite élastique $f_{y,k}$	MPa	500			
$f_{u,k}/ f_{v,k}$		≥1.08			

2.2.2.3. Résine

La résine utilisée pour l'injection dans les trous prévus à cet effet et le collage des tiges acier au bois est formulée sur la même base de résine époxy bi composant de dénomination commerciale RBF distribuée par la société RENOANTIC S.A., ayant fait l'objet d'une évaluation de type par le FCBA. Ces principales caractéristiques mécaniques et thermomécaniques sont les suivantes :

Tableau 2 : caractéristiques mécaniques de la résine

Contrainte de rupture en compression à 20°C	67,4 MPa
Module d'élasticité à 20°C	2100 MPa
Température de transition vitreuse	67°C

La résine RBF a fait l'objet d'évaluation de ses performances spécifiques pour son utilisation. Cette évaluation a porté sur les performances de la résine RBF vis-à-vis de l'humidité à court et à long terme et sur l'évolution de ces performances par rapport à l'élévation de température. Cette évaluation a permis de préciser notamment les coefficients k_{mod} spécifique à prendre en compte dans le cadre du dimensionnement pour tenir compte de l'influence de la durée de chargement et de l'humidité prévue compte tenu de l'exposition de l'ouvrage.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Conditions de conception et de calcul

Chaque ouvrage réalisé au moyen du système de goujons collés RBF doit faire l'objet d'une note de calcul spécifique, établie conformément aux conditions de conception et de calcul définies dans le présent paragraphe. Le dossier technique est présenté de manière à permettre un dimensionnement sur la base des principes de l'Eurocode 5.

La conception et le calcul des éléments assemblés à l'aide des goujons collés RBF sont à la charge du bureau d'études techniques de SIMONIN et JPF-DUCRET.

Les charges d'exploitation à prendre en considération dans les calculs sont celles précisées par la norme NF EN 1991-1-1 et son annexe nationale moyennant les limitations décrites au §1.1.2 de la partie Avis.

Les ouvrages doivent être dimensionnés et vérifiés par référence aux normes de la série NF EN 1995 moyennant les limitations décrites au §1.1.2.

2.3.1.1. Choix des goujons acier

Pour éviter tout risque lié à l'interversion des goujons entre assemblages d'un même ouvrage, une seule classe d'acier doit être utilisée pour la réalisation de tous les assemblages d'un même ouvrage.

Pour assurer une distribution homogène des efforts entre les différents goujons d'un même assemblage sollicité en traction ou en cisaillement, un seul diamètre de goujon doit être utilisé pour un même assemblage.

Pour limiter les risques de rupture fragile, il est recommandé de concevoir les assemblages de manière à privilégier la rupture acier comme premier mode de ruine.

Pour des raisons de robustesse, aucun assemblage ne peut comporter moins de 2 goujons.

2.3.1.2. Longueurs de scellement

La longueur de scellement minimale est égale à la plus grande des deux valeurs suivantes : 10 fois le diamètre et 200 mm.

La longueur de scellement maximale est égale à la plus petite des deux valeurs suivantes : 40 fois le diamètre et 800 mm.

2.3.1.3. Détermination de la valeur de calcul

Les valeurs de calculs des assemblages, utilisées pour le dimensionnement, sont déterminées classiquement à partir des valeurs caractéristiques pour les deux modes de ruine possibles (ruine bois et ruine acier). Les coefficients partiels de sécurité et les coefficients de conversion sont appliqués comme indiqué dans le Dossier Technique.

2.3.1.4. Classe de résistance du bois à considérer

Les valeurs maximales de la résistance au cisaillement du bois $f_{v,k}$ qui puissent être considérées dans les calculs des assemblages, sont :

- Pour les résineux, selon la norme NF EN 14080 soit : $f_{v,k} = 3{,}5\ N/mm^2$.
- Pour le Chêne et l'Iroko, celle correspondant à un classement feuillu D24 selon la norme NF EN 338 soit : $f_{v,k} = 3{,}7\ N/mm^2$.

2.3.1.5. Conception des assemblages et des liaisons

Les organes de fixation ou d'assemblages doivent être justifiés au regard des prescriptions des sections 7.1 et 8 de la norme NF EN 1995-1-1.

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.

2.3.2. Dimensionnement

2.3.2.1. Détermination de la capacité résistante en traction axiale pour un goujon isolé

La résistance caractéristique en traction axiale est définie comme la valeur minimale correspondant soit à la ruine par cisaillement du bois, soit à la ruine de l'acier constitutif du goujon.

La résistance caractéristique en traction axiale est donnée en fonction du diamètre du goujon (noté d), de la longueur d'ancrage du goujon (notée l) et de la résistance en cisaillement du bois ($f_{v,k}$).

Rupture par cisaillement du bois :

$$Si\ \boldsymbol{l \leq 1{,}65 \cdot d^2},\quad \boldsymbol{l_a = l}$$

$$Si\ \boldsymbol{l > 1{,}65 \cdot d^2},\quad \boldsymbol{l_a = 1{,}65 \cdot d^2}$$

$$\boldsymbol{R_{ax,b,\alpha,k} = 85 \cdot f_{v,k} \cdot (d+6) \cdot (l_a - 1{,}5 \cdot (d+6))^{0{,}45}}$$

Pour les diamètres supérieurs à 16 mm, on pourra appliquer le coefficient d'échelle suivant :

$$\boldsymbol{k_e = min\left\{\left(\frac{d}{16}\right)^{0{,}3};\ 1{,}1\right\}}$$

Rupture par ruine du goujon acier :

$$\boldsymbol{R_{ax,t,k} = 0{,}9 \cdot f_{u,k} \cdot As}$$

Avec :

$f_{u,k}$ limite à rupture de l'acier considéré (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) et A_S section de tige filetée ou de la barre d'armature du goujon à considérer selon tableau suivant extrait de la norme NF EN ISO 898-1 :

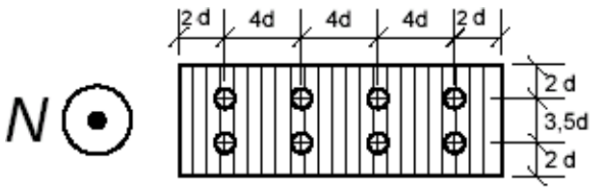
Tableau 3 : Section nette des goujons

Tiges filetées acier et inox								
d (mm)	-	12	14	16	18	20	22	24
As (mm²)	-	84	115	157	192	245	303	353
Barres d'armatures HA								
d (mm)	12	14	16	20	25			
As (mm²)	113	154	201	314	491			

2.3.2.2. Vérification de la capacité résistante en traction axiale pour un groupe de goujons

La réalisation d'assemblages au moyen de groupes de goujons prend en compte d'une part le respect des distances minimales entre axes et au bord, d'autre part la vérification d'un mode de ruine supplémentaire qui est celui de la rupture de bloc.

- La distance entre axes doit être supérieure à 3,5d ou 4d (voir Figure 1) avec d, diamètre du goujon.
- La distance au bord doit être supérieure à 2d-((d+6)/2) par rapport au bord du perçage (soit 2,0d par rapport à l'axe).



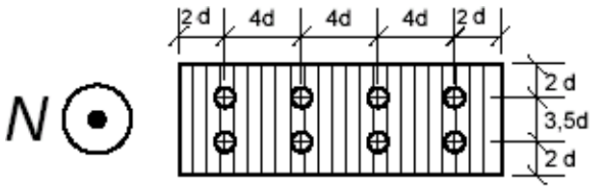


Figure 1 : distances minimales des goujons pour des sollicitations axiales seules (sans cisaillement)

Pour se prémunir contre la rupture de bloc, on vérifie qu'il n'y a pas de risque d'arrachement du groupe de goujons soit par mise en jeu de la résistance au cisaillement du bois sollicité sur le contour du groupe, soit par mise en jeu de la résistance à la traction du bois en fond de bloc. Cette vérification ne doit être effectuée que dans le cas des goujons distants entre axes de moins de 6d. Les surfaces latérales cisaillées (Sc) et en fond de bloc (St) sont calculées dans les conditions figurant à la Figure 2 :

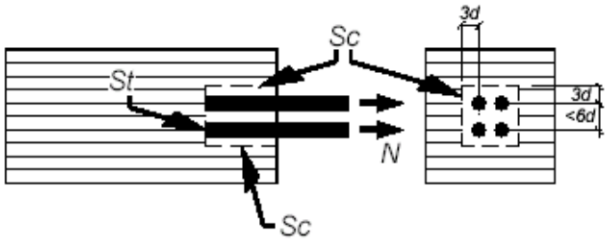


Figure 2 : rupture de bloc pour un groupe de goujons

La résistance à considérer pour la rupture par bloc est la valeur maximale résultant soit du contour cisaillé soit du fond de bloc. Ces deux résistances ne sont pas cumulables.

On vérifiera alors que :

$$\boldsymbol{n_{ef} R_{ax,k} \leq max \left\{ \begin{matrix} S_t f_{t,0,k} \\ S_c f_{v,k} \end{matrix} \right)}$$

S_t : section nette de bois sollicitée en traction en fond d'assemblage

S_C : surface de bois sollicité en cisaillement entourant le volume de matière tel que représenté sur la figure ci-dessus

2.3.2.3. Détermination de la capacité résistante en cisaillement pour un goujon isolé

On distingue le cas des assemblages bois/bois, le cas des assemblages bois/plaque acier mince (épaisseur de la plaque inférieure à 0,5d), le cas des assemblages bois/plaque acier épaisse (épaisseur de la plaque ≥ d) et enfin le cas des assemblages bois/béton.

Pour les plaques d'épaisseur intermédiaire une interpolation linéaire de la capacité résistante sera faite entre les valeurs limites correspondant aux plaques minces et plaques épaisses.

2.3.2.3.1. Assemblage bois / bois

La valeur caractéristique de résistance en cisaillement est calculée comme suit :

$$R_{lat,\alpha,k} = \min \begin{cases} f_{h,\alpha,k} \cdot l \cdot (d+6) \\ 1{,}15 \cdot \dfrac{f_{h,\alpha,k} \cdot l \cdot (d+6)}{2} \\ \dfrac{f_{h,\alpha,k} \cdot l \cdot (d+6)}{3} \left[\sqrt{4 + \dfrac{12 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot l^2 \cdot (d+6)}} - 1 \right] \\ 1{,}15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot (d+6)} \end{cases}$$

Avec $f_{h,\alpha,k}$ et $M_{y,Rk}$ respectivement portance locale du bois et moment plastique du goujon donnés au §2.3.2.3.

2.3.2.3.2. Assemblage bois / plaque acier mince

Ce cas s'applique aux plaques acier d'épaisseur inférieure à 0,5d.

La valeur caractéristique de la résistance au cisaillement est calculée comme suit :

$$\boldsymbol{R_{lat,\alpha,k} = min \left\{ \begin{matrix} 0{,}4 \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot l \cdot (d+6) \\ 1{,}15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot (d+6)} \end{matrix} \right)}$$

Avec $f_{h,\alpha,k}$ et $M_{y,Rk}$ respectivement portance locale du bois et moment plastique du goujon donnés au §2.3.2.3.

2.3.2.3.3. Assemblage bois / plaque acier épaisse ou bois / béton

Ce cas s'applique aux plaques acier d'épaisseur supérieure à d ou aux assemblages ancrés d'un côté dans le bois et de l'autre dans un élément de structure béton.

La valeur caractéristique de la résistance au cisaillement est calculée comme suit :

$$R_{lat,\alpha,k} = min \begin{cases} \dfrac{f_{h,\alpha,k} \cdot l \cdot (d+6)}{2{,}3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot (d+6)}} \\ f_{h,\alpha,k} \cdot l \cdot (d+6) \cdot \left[\sqrt{2 + \dfrac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot (d+6) \cdot l^2}} - 1 \right] \end{cases}$$

Avec $f_{h,\alpha,k}$ et $M_{y,Rk}$ respectivement portance locale du bois et moment plastique du goujon donné ci-après :

La portance locale du bois se calcule différemment selon que les goujons sont collés perpendiculairement au fil du bois ou dans le sens du bois :

Goujons collés perpendiculairement au sens du bois :

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{0{,}082 \cdot (1 - 0{,}01 \cdot (d+6)) \cdot \rho_k)}{(1{,}35 + 0{,}015 \cdot (d+6)) \cdot sin^2\,\alpha + cos^2\,\alpha}$$

Goujons collés dans le sens du fil du bois :

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{0{,}082 \cdot (1 - 0{,}01 \cdot (d+6)) \cdot \rho_k)}{3}$$

Le moment plastique du goujon est donné par la formule suivante :

$$M_{y,Rk} = 0{,}3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

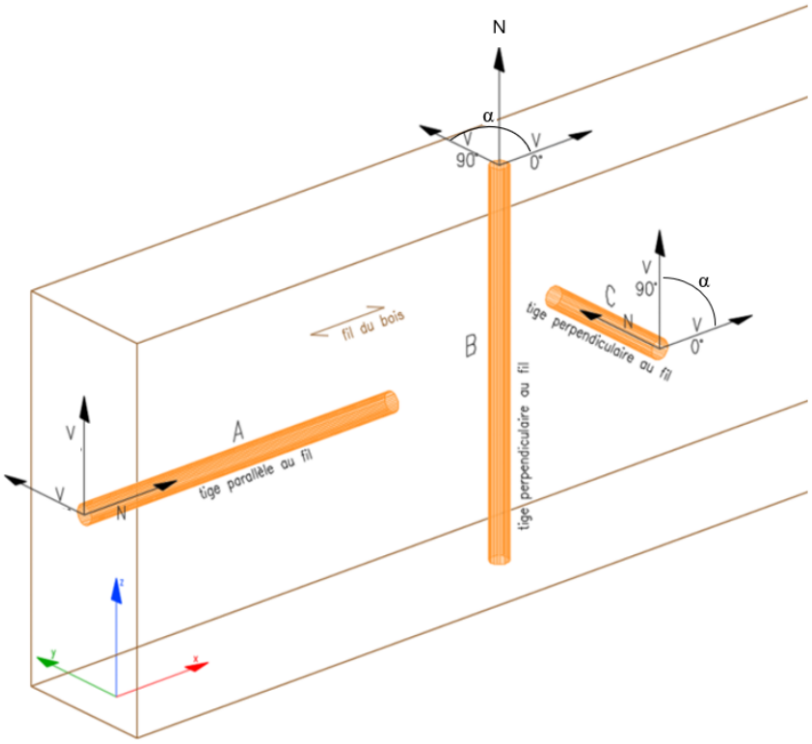


Figure 3: calcul de la portance locale

2.3.2.3.4. Prise en compte d'un lamage

Lorsqu'un lamage est réalisé en extrémité, celui-ci augmente la résistance en cisaillement. La valeur $R_{lat,\alpha,k}$ pourra être majorée de 50%, pour des sections systématiquement frettées conformément aux dispositions du §2.3.2.8 de et selon les configurations des essais soit :

- Tiges diamètre 16 ou 20 mm
- Lamage de diamètre 2 x d
- Lamage de profondeur minimum de 40 mm

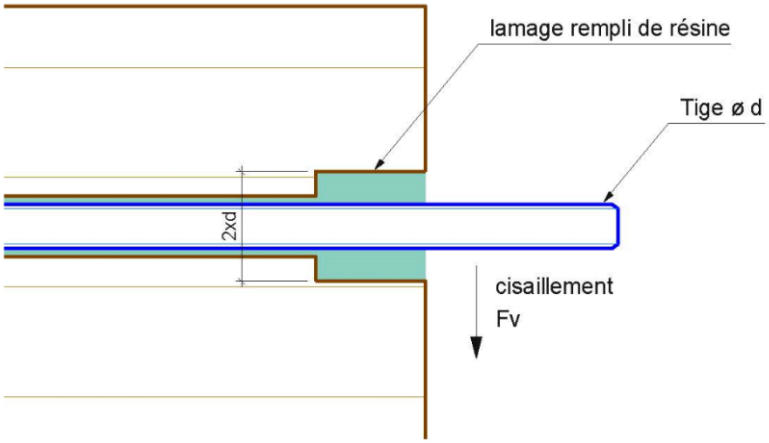


Figure 4 : lamage rempli de résine

2.3.2.4. Détermination de la capacité résistante en cisaillement pour un groupe de goujons

La réalisation d'assemblages au moyen de groupes de goujons prend en compte le respect des distances minimales entre axes et au bord et la considération du nombre efficace de goujons.

Les distances minimales sont indiquées dans la Figure 5 en fonction de l'orientation des goujons par rapport au fil du bois :

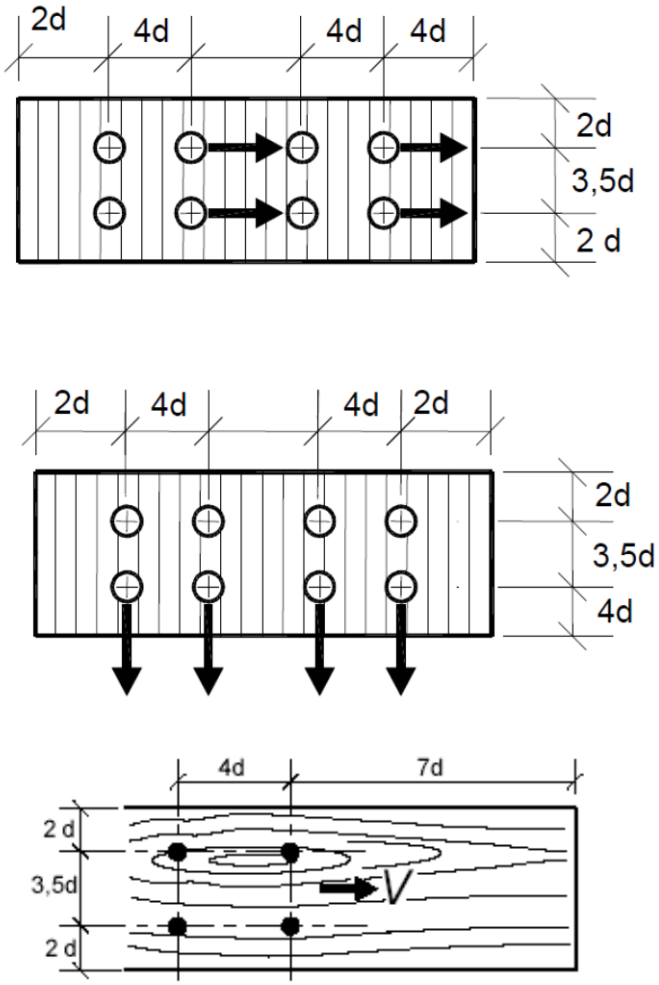


Figure 5 : distances minimales des goujons pour des sollicitation en cisaillement

Le nombre efficace de goujons à considérer dans l'assemblage pour un groupe de goujons sollicités en cisaillement est n_{eff} fonction du nombre n_g de goujons d'une ligne et du nombre m de lignes de goujons :

$$n_{eff} = n_g^{0,9}.m$$

2.3.2.5. Vérification des assemblages reprenant un moment

Deux méthodes de vérification sont possibles. La première méthode est une méthode simplifiée et conservatrice. Elle consiste à ne pas prendre en compte le contact bois / bois de la zone comprimée. La seconde prend en compte le contact bois / bois. Dans les deux cas, le calcul nécessite la détermination du centre de rotation.

2.3.2.5.1. Non prise en compte du contact bois / bois

La position du centre de rotation est définie par :

$$x_{rot} = \frac{\sum_i x_i}{n}$$

Avec x_i position des goujons et n nombre de goujons.

Le module d'inertie est alors défini par :

$$I_p = \sum_i \rho_i^2$$

Avec ρ_i distance des goujons au centre de rotation.

2.3.2.5.2. Prise en compte du contact bois / bois

Dans ce cas, on considère qu'une partie des efforts de compression est repris par le contact bois / bois.

On calcule le module apparent de la zone comprimée :

$$E_{app} = \frac{2 \cdot E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}$$

Avec E_1 et E_2 modules apparents des deux éléments en contact.

La position du centre de rotation est solution de l'équation suivante :

$$\left(\frac{E_{app} \cdot b^2}{4 \cdot l}\right) \cdot x^3 + A_s \cdot K_{ser,ax} \cdot \left(n \cdot x - \sum_i x_i\right) = 0$$

Avec :

b : épaisseur des éléments en contact.

l : longueur d'ancrage des goujons.

A_s : section effective des goujons.

$k_{ser,ax}$: raideur axiale d'un goujon.

n : nombre de goujons.

x_i : position des goujons.

Le module d'inertie est alors défini par :

$$I_p = \sum_i \rho_i^2 + \left(\frac{2}{3} \cdot x_{rot}\right)^2$$

Avec x_{rot} position du centre de rotation et ρi distance des goujons au centre de rotation.

2.3.2.5.3. Efforts induits dans les goujons

L'effort de traction / compression induit par le moment de calcul M sur le goujon le plus éloigné du centre de rotation est donné par :

$$N_{M,d} = \frac{M \cdot \rho_{max}}{I_p}$$

Où ρ_{max} est la distance du goujon le plus éloigné du centre de rotation.

2.3.2.6. Passage des valeurs caractéristiques aux valeurs de calcul

Le calcul effectué selon les principes de l'Eurocode 5 nécessite le passage de la valeur caractéristique (indice k) à la valeur de calcul (indice d).

Le passage de la valeur caractéristique à la valeur de calcul fait intervenir les coefficients partiels de sécurité et les facteurs de conversion (k_{mod}) tenant compte de l'environnement (classe de service) et de la durée de chargement.

Le format général est donc le suivant :

Effort axial :

$$R_{ax,\alpha,d} = min\left\{\begin{matrix}\frac{k_{mod} \cdot R_{ax,b,\alpha,k}}{\gamma_M} \\ \frac{R_{ax,t,\alpha,k}}{\gamma_{Mb}}\end{matrix}\right.$$

Avec $\gamma_M = 1.3$ et γ_{Mb} = 1,25 pour l'acier et Inox

$\gamma_{Mb} = 1{,}15$ pour les barres d'armatures

Effort latéral :

$$R_{lat,\alpha,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{lat,\alpha,k}}{\gamma_M}$$

Avec $\gamma_M = 1.3$

Les coefficients k_{mod} à utiliser sont donnés dans le Tableau 4:

Tableau 4 : coefficients k_{mod}

Classe de durée de chargement	Permanente	Long terme	Moyen terme	Court terme	Instantanée
Classe de service 1	0,6	0,70	0,80	0,90	1,0
Classe de service 2		0,70	0,80	0,90	1,0
Classe de service 3	0,5	0,55	0,65	0,70	0,90

2.3.2.7. Détermination de la capacité résistante sous charges combinées

Dans le cas des assemblages sollicités par une combinaison d'effort de traction / compression et/ou de cisaillement et/ou un moment, on doit vérifier pour tous les goujons que :

$$\left(\frac{\frac{N_d}{n} + N_{M,d}}{R_{ax,\alpha,d}}\right)^2 + \left(\frac{V_d}{n_{eff} \cdot R_{lat,\alpha,d}}\right)^2 \leq 1$$

Avec N_d pris pour moitié pour les goujons sollicités en compression avec prise en compte du contact bois / bois.

N_d et V_d représentent respectivement l'effort axial de calcul et l'effort de cisaillement de calcul. Les autres paramètres de la formule correspondent aux notations déjà employées dans ce dossier technique.

2.3.2.8. Frettage des assemblages

Pour compenser les risques de fendage liés à la faible résistance du bois en traction transversale, les sections doivent être systématiquement frettées perpendiculairement au fil du bois à chaque fois qu'un effort de traction ou flexion est susceptible de solliciter l'assemblage en traction transversale. Ce frettage est réalisé par mise en œuvre de goujons collés de section 12 mm au minimum, disposés de manière à renforcer le bois perpendiculairement aux fibres en fonction de la configuration et de l'importance de l'assemblage de façon similaire aux dispositions adoptées pour les essais de validation. Les seules configurations de frettage utilisées sont celles indiquées dans les figures jointes au Dossier Technique.

Pour un effort faisant travailler les poutres en traction perpendiculaire et quand la longueur de calcul des broches collées est plus faible que la hauteur de la poutre, pour éviter le risque de fendage aux extrémités de ces broches, elles sont prolongées sur la hauteur de la poutre pour faire participer toute la section de la poutre.

2.3.2.9. Vérification complémentaire du risque de fendage

Cette vérification est à effectuer pour garantir l'absence de risque de fendage en cas de traction perpendiculaire au fil du bois. Elle se fait selon le principe de vérification des éléments entaillés conformément au chapitre 6.5 de l'Eurocode 5 (cas des poutres entaillées sur la face de l'appui de la poutre).

On vérifie que :

$$\tau_d \leq k_v \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot f_{v,k}$$

Avec h hauteur de l'élément en bois (mm), l longueur d'enfoncement des goujons (mm) , k_v facteur de réduction défini dans l'Eurocode 5 et x distance définie comme indiqué sur la Figure 6 **:**

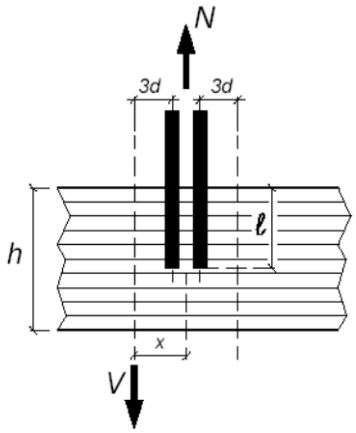


Figure 6 : Vérification complémentaire du risque de fendage

Et en prenant $\boldsymbol{\tau_d}$ tel que :

$$\boldsymbol{\tau_d = \frac{1{,}5 \cdot V}{b \cdot l}}$$

Avec b largeur de l'élément en bois.

Si l'assemblage est fretté conformément aux dispositions du §2.3.2.8 , il n'est pas nécessaire de le justifier vis-à-vis du risque de fendage.

2.3.2.10. Prise en compte du contact bois / bois, bois / métal ou bois / béton en compression axiale

La prise en compte du contact bois / bois pour la reprise d'un effort de compression axiale nécessite une raideur suffisante de ce contact.

Pour que cette condition soit satisfaite, il faut vérifier que la surface de contact réelle notée $A_{b,r}$ est telle que :

$$\boldsymbol{A_{b,r} > \frac{n \cdot k_{ser,ax} \cdot l}{E_{app}}}$$

Avec :

n : nombre de goujons en compression.

$k_{ser,ax}$: raideur axiale d'un goujon

l : longueur d'ancrage des goujons.

E_{app} : module d'élasticité apparent du contact bois / bois tel que :

$$\boldsymbol{E_{app} = \frac{2 \cdot E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}}$$

Où E_1 et E_2 modules apparents des deux éléments en contact.

Si cette condition est vérifiée, on peut considérer que l'effort de compression se répartit entre les goujons et le contact bois / bois.

2.3.2.11. Raideur des assemblages

2.3.2.11.1. Raideur à l'état limite de service

- La raideur axiale d'un goujon est donnée par :

$$k_{ser,ax} = 71500\ N/mm$$

Cette valeur est à multiplier par 2 pour les assemblages bois / béton et les assemblages bois / acier.

- La raideur axiale de l'assemblage est donnée par :

$$\boldsymbol{K_{ser,ax,ass} = n \cdot K_{ser,ax}}$$

- La raideur rotationnelle des assemblages est donnée par :

$$\boldsymbol{K_{ser,rot} = \sum_i K_{ser,ax,i} \cdot \rho_i^2}$$

En $N.mm$ / r_d et avec ρ_i distance des goujons au centre de rotation.

- La raideur en cisaillement d'un goujon est donnée par :

$$\boldsymbol{K_{ser,lat} = \rho_m^{1,5} \cdot (d + 6)}$$

- La raideur en cisaillement de l'assemblage est donnée par :

$$\boldsymbol{K_{ser,lat,ass} = n \cdot K_{ser,lat}}$$

2.3.2.11.2. Raideur à l'état limite ultime

$$\boldsymbol{K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser}}$$

2.3.2.11.3. Prise en compte des raideurs dans la modélisation de la structure

Pour la modélisation de la structure, on utilise les raideurs définies au §2.3.2.11 de ce dossier technique. Cependant, il est possible de considérer la liaison comme étant soit une rotule, soit un encastrement. La classification des assemblages peut être définie à partir de la rigidité rotationnelle $K_{ser,rot}$ et de la rigidité de flexion des éléments assemblés ($E_{0,moy}\, I$ et $E_{0,05}\, I$).

Pour des éléments de portée L, le coefficient de rigidité β est donné par :

A l'ELS :

$$\boldsymbol{\beta} = \frac{\boldsymbol{K_{ser,rot}}}{\boldsymbol{(E_{0,moy} \cdot I)/L}}$$

A l'ELU :

$$\boldsymbol{\beta_u} = \frac{\boldsymbol{K_{u,rot}}}{\boldsymbol{(E_{0,05} \cdot I)/L}}$$

Si β est inférieur ou égal à 0,5, la liaison peut être considérée comme articulée.

Si β est supérieur ou égal à 8, la liaison peut être considérée comme encastrée.

Pour les cas intermédiaires, on utilise $K_{ser,rot}$.

2.3.2.12. Ouverture dans les poutres

Des ouvertures dans les poutres bois peuvent être réalisées conformément à la norme DIN EN 1995-1/NA.

2.3.2.13. Dimensionnement en situation sismique

La justification en zone sismique des structures assemblées par goujons collés RBF doit être menée en suivant le principe de comportement de structure faiblement dissipatif (classe de ductilité L), conformément à la norme NF EN 1998-1-1 (§8.1.3 et §8.6 (2)P). Les effets des actions sont calculés sur la base d'une analyse élastique globale, avec l'application d'un coefficient de comportement q=1,5.

Les coefficients partiels de sécurité correspondant aux combinaisons d'actions fondamentales doivent être appliqués, soit $\gamma_M = 1.3$ pour le bois et $\gamma_{Mb} = 1{,}25$ pour l'acier et 1,15 pour les armatures. Les coefficients de conversion correspondant à une classe de durée de chargement instantanée sont appliqués comme indiqué dans le Tableau 4.

Le calcul de la capacité résistante caractéristique en traction / compression de la tige filetée sera modifiée comme suit :

$$\boldsymbol{R_{ax,t,k} = 0{,}9 \cdot f_{y,k} \cdot As}$$

Avec :

$f_{y,k}$ limite élastique caractéristique de l'acier de la tige filetée ou barre d'armature.

Le système de goujons collés RBF a fait l'objet d'essais afin d'évaluer le comportement de ce type d'assemblage en sollicitation dynamique.

Les rapports d'essais sont cités au §2.6.1 du dossier technique.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

On distingue la mise en œuvre des goujons collés eux-mêmes (c'est-à-dire, les différentes opérations permettant d'assembler deux éléments de structure bois avec les goujons du système de goujons collés RBF et la mise en œuvre sur chantier des éléments ainsi assemblés (reconstitution de la structure complète à partir de parties de structure réalisés en atelier).

2.4.1. Mise en œuvre des goujons collés

La mise en œuvre des goujons collés se fait exclusivement par les sociétés SIMONIN et JPF-DUCRET.

La mise en œuvre des goujons collés est effectuée selon les 4 étapes principales suivantes : usinage des trous, préparation des goujons, mise en place des goujons, injection de la résine.

Ces étapes nécessitent un certain nombre de précautions, aussi bien pour leur réalisation elle-même (ordre des tâches et contrôle à effectuer par exemple) que pour les conditions dans lesquelles elles doivent être effectuées. Les précautions à respecter pour ces différentes tâches et les conditions dans lesquelles elles doivent être réalisées figurent ci-après pour chacune des 4 étapes principales :

2.4.1.1. Usinage des trous

Le perçage des trous comprend le perçage des trous destinés à la mise en place des goujons et le perçage des trous d'évents destinés au bon déroulement de l'injection de la résine (cheminée d'injection et évent de dégazage).

L'opérateur vérifie et prend les dispositions pour assurer l'adéquation du foret avec le bois à percer, le respect des côtes, l'absence de brûlure ou d'arrachement du bois, la bonne orientation du perçage par rapport à la surface du bois.

Les trous sont dépoussiérés par soufflage d'air comprimé déshydraté.

2.4.1.2. Préparation des goujons

Les goujons sont coupés à longueur et ébarbés.

L'opérateur vérifie l'absence de traces de corrosion. Il assure le dépoussiérage et le dégraissage des goujons.

2.4.1.3. Mise en place des goujons

La mise en place des goujons est effectuée par un seul opérateur. Les goujons sont centrés dans le trou grâce à un dispositif de centrage au niveau du joint. Les pièces de bois sont serrées par serre-joint, tendeur ou vérin.

2.4.1.4. Injection de la résine

L'opérateur vérifie que le dosage des composants de l'adhésif est conforme à la fiche technique du fournisseur. Il vérifie avant injection la qualité du dépoussiérage effectué et la bonne circulation d'air entre les trous d'évents.

L'injection peut être effectuée par gravité ou au moyen d'une machine à injection automatique. Avant injection une petite quantité de mélange (20g minimum) est éjectée pour s'assurer de la qualité du mélange. Un prélèvement du mélange est effectué au début et à la fin de la campagne de coulage (éprouvette cylindrique de petite taille) en vue d'essai de caractérisation mécanique faisant partie du contrôle interne de la production.

Le déplacement à l'horizontale est possible juste après coulage. La manipulation pour stockage ne peut intervenir qu'après une stabilisation de 12h. La mise en charge est possible au bout de 5 jours.

2.4.1.5. Conditions de stockage des composants

La température ambiante doit être comprise entre 10°C et 30°C.

Le bois doit être stocké dans une ambiance d'humidité relative comprise entre 30% et 70%.

2.4.1.6. Conditions de collage

Les locaux où sont réalisées les opérations de collage respectent les conditions d'ambiance suivante :

- Température comprise entre 15°C et 30°C.
- Hygrométrie comprise entre 30% et 70%.

Le bois dans lequel la résine va être injectée respecte les conditions suivantes :

- Température minimale de 15°C.
- Humidité du bois comprise entre 10 et 16%.

2.4.2. Mise en œuvre de la structure

La mise en œuvre des éléments assemblés pour réaliser la structure proprement dite se fait sur chantier. Elle peut être effectuée par toute entreprise de charpente possédant une qualification professionnelle pour des structures traditionnelles de dimensions comparables à celles concernées.

2.4.2.1. Principe de liaison sur autres structures

2.4.2.1.1. Sur structure béton

La liaison sur structure béton se fait par l'intermédiaire d'une ferrure avec des systèmes d'ancrage classiques.

2.4.2.1.2. Sur structure acier

La liaison sur structure acier se fait en direct ou par l'intermédiaire de ferrures boulonnées.

2.4.2.2. Assemblage des éléments entre eux

Le respect des côtes du projet, pour l'ensemble de la structure et pour les pièces d'assemblages entre éléments doit permettre de réaliser l'assemblage sur site des différents éléments entre eux sans forcer leur position ni créer des efforts parasites dans les assemblages.

2.4.2.3. Assemblage des éléments d'autres éléments de structure

Le respect des côtes du projet, pour l'ensemble de la structure et pour les pièces d'assemblages entre les éléments bois et d'autres éléments structuraux de l'ouvrage (tête de poteau ou massif de fondation béton par exemple) doit permettre de réaliser l'assemblage sur site des différents éléments entre eux sans forcer leur position ni créer des efforts parasites dans les assemblages.

2.4.3. Transport et stockage sur chantier

Le transport et la manutention doivent être réalisés de manière à ne pas solliciter les assemblages sous des efforts (orientation et/ou intensité) pour lesquels ils n'auraient pas été conçus

Le stockage doit être isolé du sol et à l'abri de l'humidité et des intempéries.

2.4.4. Manutention et stabilité provisoire

Le protocole de montage devra préciser les modes de manutention et les dispositions des points de levage (type, nombre, résistance), au cas par cas ainsi que les dispositifs pour assurer leur stabilité provisoire.

Les éléments de levage ne sont pas visés par cet avis technique.

2.4.5. Traitement de préservation

En fonction de la classe d'emploi liée à la position des éléments assemblés à l'aide des goujons collés RBF dans l'ouvrage d'une part, et à l'essence utilisée d'autre part, un traitement de préservation du bois peut être nécessaire. Il convient de respecter à cet égard les prescriptions des normes NF EN 335 et NF EN 350.

Conformément à la réglementation en vigueur, les éléments assemblés à l'aide des goujons collés RBF qui participent à la solidité des bâtiments devront être protégés par une durabilité conférée ou naturelle contre les insectes à larves xylophages sur l'ensemble du territoire et en complément, contre les termites dans les départements dans lesquels a été publié un arrêté préfectoral pris par l'application de l'article L. 133-5.

Lorsqu'un traitement est nécessaire, il doit être réalisé en atelier après collage, façonnage et réalisation des découpes.

2.4.6. Dispositions constructives générales

Lorsque les éléments assemblés à l'aide des goujons collés RBF sont utilisés pour la réalisation de bâtiments entrant dans le domaine d'application du DTU 31.2, c'est à dire d'une manière générale pour les bâtiments dont la structure principale porteuse est en bois, les dispositions non spécifiquement visées dans le cadre de cet Avis Technique doivent être conformes aux prescriptions des DTU 31.1, DTU 31.2 et DTU 51.3 pour la conception et aux prescriptions des Eurocodes pour le calcul.

La réalisation des interfaces les éléments assemblés à l'aide des goujons collés RBF/autres éléments de structure (béton, acier) doit tenir compte des exigences éventuelles des textes visant les autres éléments porteurs (NF EN 1992-1-1, DTU 20.1, etc...).

2.4.7. Assistance Technique

Le montage de la structure est réalisé par toute entreprise qualifiée, sur la base des documents techniques établis par Simonin ou JPF-Ducret. Une assistance technique peut être proposée au poseur en cas de besoin. L'assistance inclus la réalisation des procédures de pose par Simonin ou JPF-Ducret, et peut également inclure la participation de personnel qualifié sur chantier pour superviser les opérations de montage.

2.5. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.5.1. Fabrication

La fabrication du procédé est exclusivement effectuée dans les usines de Sociétés SIMONIN SAS à Montlebon (F) et JPF-DUCRET à Orges (CH) et Yverdon-les-Bains (CH) ou dans une zone de pré-assemblage à proximité de l'ouvrage final selon un plan d'assurance qualité spécifique. Pour la fabrication sur chantier, seul le personnel qualifié et faisant partie des sociétés SIMONIN SAS et JPF DUCRET est habilité à réaliser l'injection de la résine.

2.5.2. Contrôle de fabrication

La fabrication des goujons collés RBF est soumise d'une part à une procédure de contrôle interne mise en œuvre par le fabricant, d'autre part à des contrôles externes qui sont assurés par l'institut technologique FCBA (vérification du respect des obligations du contrôle interne pour les opérations d'injection de résine et réalisation selon les référentiels de convention de contrôle MQ220 (SIMONIN) et MQ708 (JPF-DUCRET)). Les rapports d'audit de contrôle externe sont envoyés chaque année au CSTB.

2.5.2.1. Contrôle interne

La mise en œuvre des goujons collés du système RBF nécessite un ensemble de vérifications aux différentes étapes de la mise en œuvre. Ces vérifications constituent le contrôle interne.

Les principales vérifications menées dans le cadre de ce contrôle interne sont les suivantes :

- Correspondance des matériaux avec les spécifications ;
- Bonne mise en place des goujons ;
- Essais de résistance à la compression sur 2 éprouvettes cylindriques de diamètre 20 mm et hauteur 40 mm, prélevées au début et à la fin du mélange ;
- Essais sur 3 éprouvettes pour résistance d'assemblage prélevées tous les 225 kg de mélange.

2.5.2.2. Contrôle externe

Le contrôle externe comprend le contrôle deux fois par an par un laboratoire extérieur spécialisé de :

- La résistance à la compression des cylindres de colle durcie (minimum 3 cylindres) ;
- La résistance en traction d'assemblages sur petites éprouvettes (minimum 5 éprouvettes).

2.5.2.3. Contrôle supplémentaire pour une fabrication hors atelier

En cas de fabrication d'assemblages RBF en dehors des ateliers SIMONIN ou JPF-Ducret, un contrôle externe renforcé est mis en place en plus des contrôles réalisés au §2.5.2.2. Ce contrôle est réalisé dans le cadre d'une convention de service avec le FCBA et consiste à ajouter le périmètre de contrôle suivant :

- Contrôle des moyens matériel mis en place pour assurer les conditions de température et hygrométrie de l'air, température et humidité du bois, stockage de la résine, type de matériel utilisé pour l'injection.
- Contrôle des moyens humains mis en place : personne désignée et formée en charge de l'injection.

L'injection se fait dans un espace fermé en respectant les contrôles internes, similaires aux contrôles internes réalisés en usine.

Les résultats des contrôles internes (mesures de température et hygrométrie) sont documentés et mis à disposition de l'auditeur externe.

La fréquence des audits est déterminée comme suivant :

- Un audit « administratif » par année civile. Cet audit permet de cadrer les aspects documentaires (historique des chantiers, résultats des essais issus des prélèvements, réclamations ...etc.) et de programmer les audits chantiers de l'année en cours.
- Des audits chantier à réaliser pour chaque chantier pour lesquels le procédé RBF est mis en œuvre en dehors des ateliers SIMONIN ou JPF Ducret, à raison d'un audit toutes les 4 semaines. Ces audits sur chantier ont pour objet de vérifier :
    - Le contrôle des moyens matériels mis en place pour assurer les conditions de température et hygrométrie de l'air, température et humidité du bois, stockage de la résine.
    - Le contrôle de la bonne application du contrôle interne : réalisation et test des échantillons, relevé de la température et de l'humidité de l'air à chaque début d'injection.

2.6. Mention des justificatifs

2.6.1. Résultats expérimentaux

Les méthodes de dimensionnement proposées dans le présent dossier technique pour le système de goujons collés RBF ont été établies sur la base de campagne d'essais réalisées par le FCBA aussi bien sur des assemblages unitaires en traction et cisaillement que sur des structures en grandeur d'emploi :

- Rapports d'essais établis par le CTBA : PC/67/02/1195/02E du 31/01/2003 ; F-R/68/02/122/03/030 du 03/04/2003 ; F-R/68/02/122/03/030/081 du 25/06/2003 ; F-R/68/02/225/235/03/015 du 26/06/2003 ; F-R/68/03/037 du 11/07/2003 ; F-R/68/03/037/1 du 11/07/2003 ; F-R/68/03/277 du 09/03/2004 ; F-R/68/03/191 du 02/09/2004 ; F-R/68/03/191/1 du 02/09/2004 ; F-R/68/04/075/119/A du 18/03/2005 ; F-R/68/06/290 du 22/02/2007 ; F-R/68/06/290/1 du 06/03/2007 ; F-R/68/06/290/2 du 16/04/2007 ; F-R/68/06/290/3 du 29/05/2007 et F-R/68/06/290/326 du 16/07/2005.
- Dossier technique du pôle construction / CIAT du FCBA. DT/ASS/05-001/D – version octobre 2011.
- Etude sur la durée de vie des assemblages par goujons collés – étude commune CTBA-SNCCBLC-LRBB, pilotée par le CTBA, pour le compte du Ministère de la Jeunesse, de l'Education Nationale et de la Recherche – convention n° 02 V 0282 – rapport final février 2005.
- Essais de résistance au feu sur deux configurations d'assemblages avec goujons collés RESIX® avec et sans ferrures – Rapport d'essais CSTB N° RS05-018.
- Appréciation de Laboratoire en matière de résistance au feu des assemblages par goujons collés RBF. Avis N° CO11-1998

2.6.2. Références chantiers

Les Établissements SIMONIN SAS et JPF-DUCRET disposent de plusieurs dizaines de références d'ouvrages réalisés depuis 1993 avec le procédé d'assemblages par goujons collés en France, en Suisse et en Italie et dans d'autres pays européens. Parmi ces références, on peut citer :

RÉFÉRENCES SIMONIN SAS

- Passerelles de 25 m en LC pin traité à SAINT VALERY SUR SOMME (80) en 2018 ;
- Fermes treillis de 28 m en LC épicéa pour Restaurant Buffalo Grill à MORTEAU (25) en 2018 ;
- Joints de transport sur arcs en LC épicéa de 47 m à PONT A MOUSSON (54) en 2018 ;
- Assemblages de charpente pour hall de marché d'AVERMES en LC mélèze (03) en 2018.
- Poutres treillis en LC épicéa pour bâtiment de bureaux à BESANCON (25) en 2018 ;
- Poutre treillis mixte bois/acier en LC épicéa de 31m à Joyeuse (07) en 2020
- Structure treillis en LC épicéa en porte à faux de 10m ancrée sur structure béton à SAINT GILLES CROIX DE VIE (85) en 2020
- Structure de gymnase avec arcs treillis en LC pin traité à MAMOUDZOU – MAYOTTE en 2020
- Résille de façade structure en LC épicéa sur un bâtiment de bureau R+6 à DIJON en 2021 ;
- Assemblages de joints de transports pour passerelles de 27m en LC pin traité dans la vallée de la Bresle (80) en 2021
- Portiques en LC épicéa support d'un bâtiment provisoire de 4 étages à MONACO en 2022
- Poutres treillis tridimensionnelles en LC épicéa pour bâtiment R+7 à SAINT-OUEN (93) en 2023 ;
- Structure d'un bâtiment d'habitation R+8 en LC épicéa à MONACO en 2023 ;
- Passerelle de 100m en LC douglas avec joints de transport rigides à LE BOURGET en 2023
- Structure extérieure de skate-park en treillis mixte bois en LC douglas / béton à VINCENNES en 2024
- Passerelle de 72m avec joints de transport à VAL DE REUIL en LC douglas en 2024

RÉFÉRENCES JPF-DUCRET SA Fermes sous-tendues d'une portée de 40m avec joint central (épicéa), patinoire de VALLORBE (CH) en 2018

- Fermes treillis d'une portée de 30m (épicéa), Fromagerie Gruyères à BULLE (CH) en 2018

- Ferme treillis d'une portée de 18m (épicéa), Show room Alternative Cars Show Room à YVERDON-LES-BAINS (CH) en 2018
- Cadres bi-encastrés d'une portée de 10m (épicéa)pour le bâtiment administratif du service industriel de l'Asse à NYON (CH) en 2018
- Fermes treillis cintrés d'une portée de 32m (épicéa), Couvert de la Gravières de Farvagny à FARVAGNY (CH) en 2018
- Fermes avec angle de cadre et joint central d'une portée de 26m (épicéa), Manège équestre Piller à Près-vers-Noréaz (CH) en 2018
- Ferme treillis d'une portée de 25m (épicéa), halle industrielle Technopole à Delémont / Bonfol (CH) en 2018.
- Porteurs plein recollés avec renfort (épicéa), Gymnase d'AMBILLY (CH) en 2019
- Cadre en porte-à-faux encastré (épicéa), Couvert pour le Groupe E au mont-sur-rolle (CH) en 2019
- Fermes avec assemblage de faîte encastré (épicéa), bâtiment du chauffage à distance à renan (CH) en 2019
- Passerelle piétonnière d'une portée de 16m (mélèze) à Vugelles (CH) en 2019
- Angle de cadres encastrés (épicéa)pour le rural Thibaut à Buttes (CH) en 2019
- Fermes treillis d'une portée de 42m avec joint central (épicéa), halle de Air Club d'YVERDON-LES-BAINS (CH) en 2019
- Fermettes encastrées (épicéa) pour suélévation Buschini à Neuchâtel (CH) en 2019
- Fermes avec assemblage de faîte encastré (épicéa), bâtiment du chauffage à distance à SAIGNELÉGIER (CH) en 2019
- Poutre Virendeel – cadres porteurs et planchers mixtes bois-béton (épicéa), bâtiment administratif de la Maison de l'Environnememt à LAUSANNE (CH) en 2020
- Ferme à deux angles encastrés (épicéa) pour la transformation Vermot à LA BRÉVINNE (CH) en 2020
- Cadres porteurs et planchers mixtes bois-béton (épicéa) pour le centre d'instruction militaire d'EPEISSES (CH) en 2021
- Fermes à assemblage de faîte encastré (épicéa) pour le rural Borel à CERNIER (CH) en 2021
- Poutre Virendeel et module de laboratoire cadres encastrés (épicéa) pour halle de l'industrie pharmaceutique à VILLARS-SUR-GLÂNE (CH) en 2021
- Fermes treillis (épicéa) pour halle de la base aérienne militaire de Payerne (CH) en 2022
- Fermes treillis (épicéa) pour le gymnase d'Escalquens (31) en 2022
- Porteurs pleins avec renforts d'appui (épicéa), Halle industriel En Pra à CHAMPAGNE (CH) en 2022
- Fermes à treillis mixtes acier-bois (épicéa), halle maraîchère Terraviva à KERZERZ (CH) en 2023
- Fermes treillis (épicéa) sur plusieurs niveaux avec grande charge de plancher 20KN/m2, halle d'encavage Schenk à ROLLE (CH) en 2023
- Fermes cintrées et treillis (épicéa), halle bourse aux fleurs à KERZERZ (CH) en 2023
- Poteaux ronds, sommiers cintrés et planchers mixtes bois-béton (épicéa) pour le bâtiment administratif Bern 131 à BERN (CH) en 2024
- Fermes droites (épicéa) pour le rural El Hayek à CERNIER (CH) en 2023
- Cadres porteurs et planchers mixtes bois-béton (épicéa) pour le collègue de Panthalaz (CH) en 2024
- Surélévation Bulgari (épicéa) (CH) en 2024
- Portiques avec angle de cadre rigides (épicéa) pour la surélévation du collège de La Golette à MEYRIN (CH) en 2024
- Poutres pleines avec renforts d'appui (épicéa) pour le gymnase d'OSTERMUNDIGEN (CH) en 2025
- Fermes treillis d'une portée de 25m (épicéa) pour le centre d'intervention pompier de la Broye à PAYERNE (CH) en 2025

2.7. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

Principales étapes du dimensionnement à l'ELU de résistance d'un assemblage réalisé au moyen de goujons collés RBF :

1. Pour chaque assemblage, choix d'une disposition d'assemblage : diamètre des goujons utilisés, classe d'acier des tiges (§2.2.2.2 du dossier technique), longueur de scellement de ces goujons, disposition géométrique de ces goujons (distances minimales entre axes et distances au bord selon §2.3.2.2 du dossier technique), inclinaison des goujons par rapport au fil du bois.
2. Prise en compte des raideurs à l'ELU dans la modélisation de la structure (§2.3.2.11.2 et 2.3.2.11.3 du dossier technique).
3. Détermination pour chaque assemblage des éléments de réduction de la sollicitation (effort normal, effort tranchant, moment), valeurs de calcul pondérées.
4. Pour chaque goujon pris isolément dans chaque assemblage, détermination de la valeur caractéristique pour les différents modes de ruine (bois et acier) et pour les sollicitations concernées (traction axiale : §2.3.2.2 , cisaillement : §2.3.2.3).
5. Pour chaque goujon pris isolément dans chaque assemblage, détermination de la valeur de calcul après application des coefficients partiels de sécurité spécifiques aux deux modes de ruine (γ_M= 1,3 pour la ruine bois et γ_{Mb}= 1,5 pour la ruine de la tige filetée et 1.15 pour la barre d'armature) et application des coefficients de conversion (§2.3.2.4 du dossier technique).
6. Pour chaque assemblage, en traction axiale, vérification de la résistance du groupe par rapport au risque de rupture de bloc (§2.3.2.2 du dossier technique) en tenant compte du risque de rupture en cisaillement du contour et du risque de rupture en traction du fond de bloc.
7. Pour chaque assemblage, en cisaillement, vérification de la résistance du groupe en tenant compte du nombre efficace de goujons sollicités n_{ef} (§2.3.2.4 du dossier technique).
8. Pour chaque assemblage reprenant un moment, vérification des efforts de traction induits dans les goujons en tenant compte ou non du contact bois / bois dans la reprise de l'effort de compression : deux méthodes sont possibles (§2.3.2.5.1 et §2.3.2.5.2 du dossier technique).
9. Pour chaque assemblage soumis à des sollicitations combinées (Traction et/ou cisaillement et/ou moment), vérification de l'interaction (§2.3.2.7 du dossier technique).
10. Pour chaque assemblage, une vérification complémentaire du risque de fendage est effectuée en cas de traction perpendiculaire au bois (§2.3.2.9 du dossier technique).
11. Pour chaque assemblage soumis à des efforts de traction induisant une traction transversale du bois, détermination des goujons de frettage à mettre en œuvre (§2.3.2.8 du dossier technique).

Principales étapes du dimensionnement à l'ELS de déformation d'un assemblage réalisé au moyen de goujons collés RBF :

1. Détermination de la raideur axiale ($k_{ser,ax,ass}$) de chaque assemblage en tenant compte de la raideur axiale individuelle des assemblages $k_{ser,ax} = 71500\ N/mm$ (§2.3.2.11.1 du dossier technique).
2. Détermination de la raideur rotationnelle de chaque assemblage en fonction de la raideur axiale de chaque goujon pris individuellement ($k_{ser,ax}$) et de sa distance ρi au centre de rotation.
3. Détermination de la raideur en cisaillement de chaque assemblage ($k_{ser,lat,ass}$) en fonction de la raideur en cisaillement individuelle des goujons $k_{ser,lat}$.
4. Les déformations de la structure sont déterminées en affectant à chacun des assemblages ses raideurs vis-à-vis des différentes sollicitations.

Figures du Dossier Technique

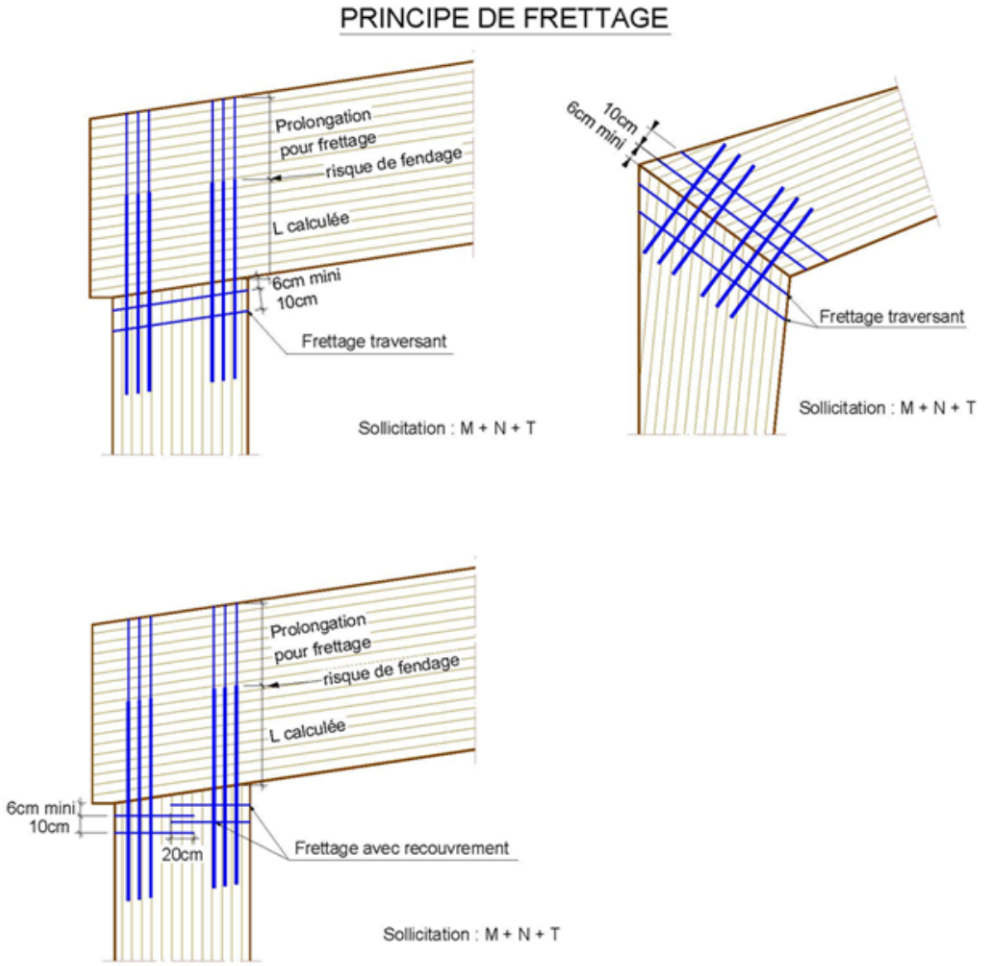


Figure 7 : Principe de frettage 1

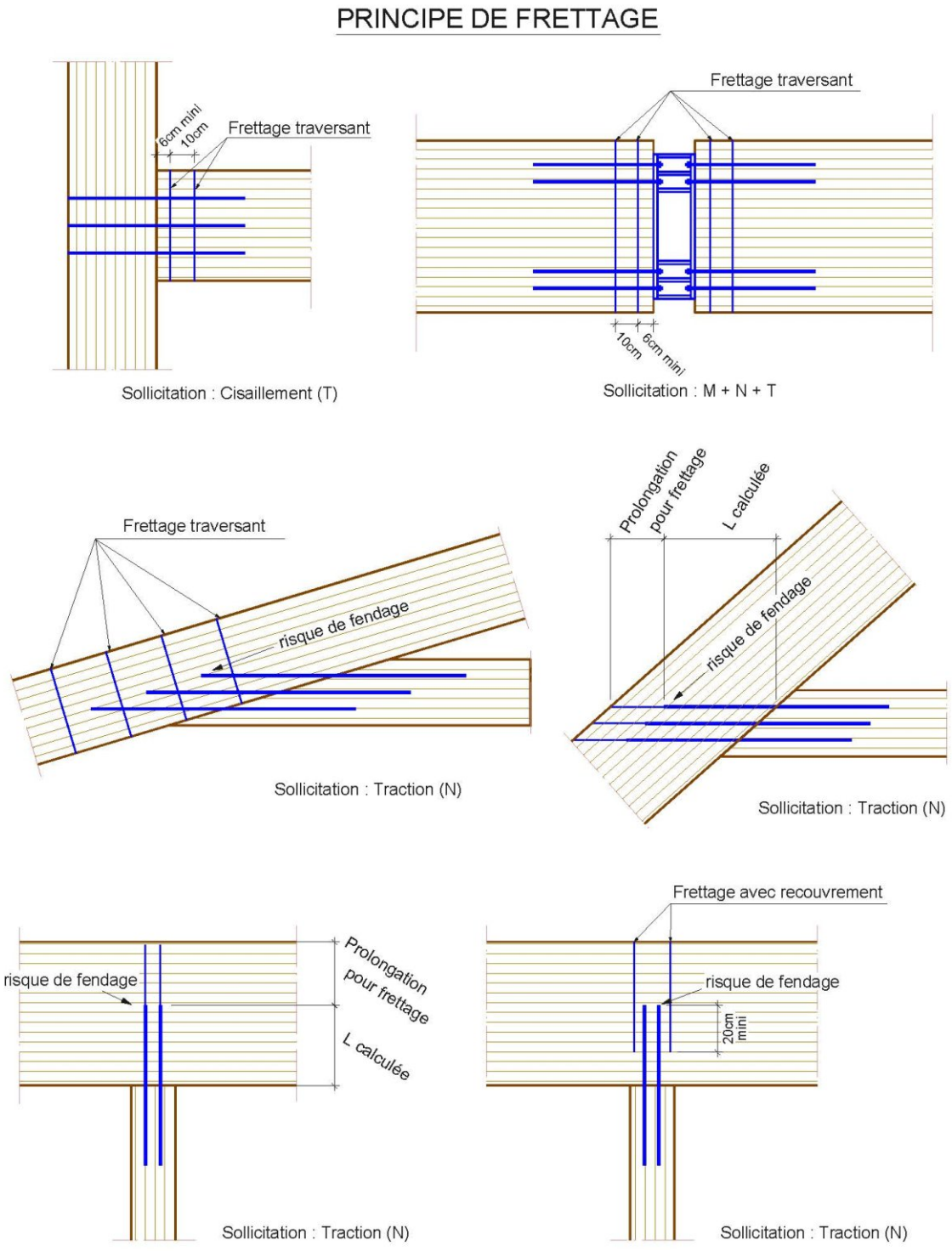


Figure 8 : Principe de frettage 2

Le béton est dimensionné conformément à la norme NF EN 1992-1-1 et son AN.

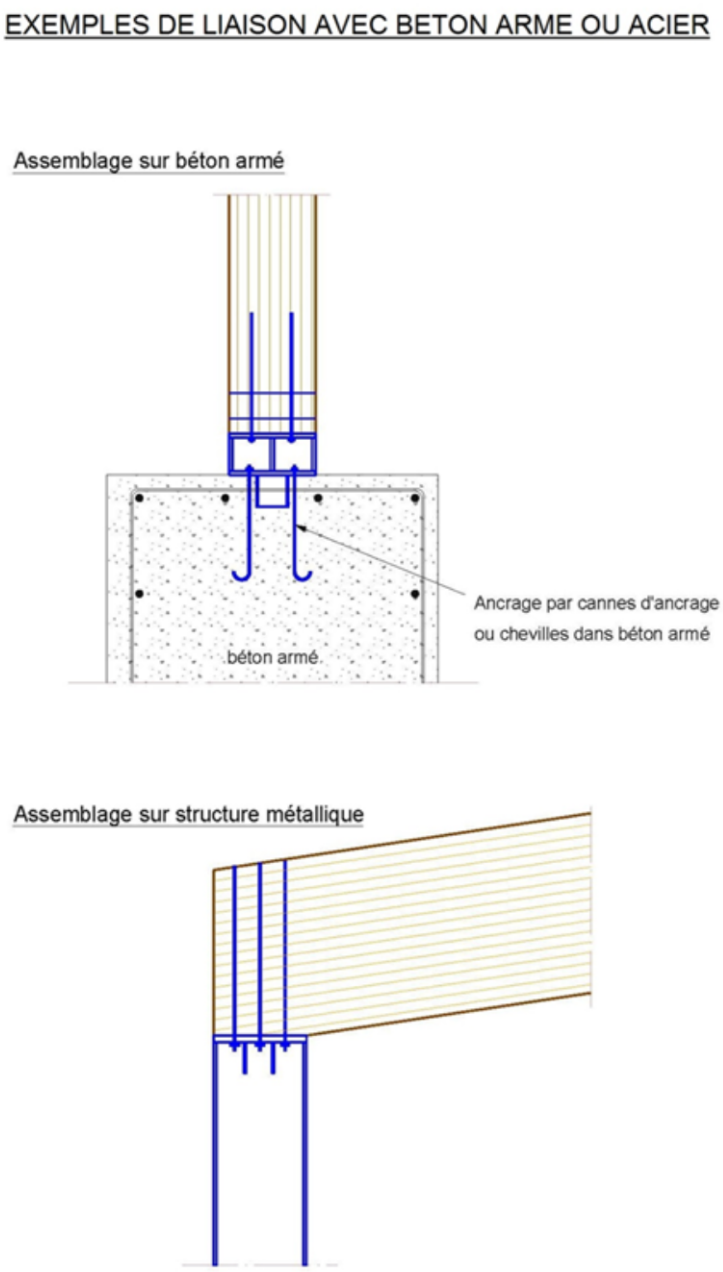


Figure 9 : Liaison avec béton armé ou acier