

# Avis Technique 3.3/19-986\_V1

Annule et remplace l'Avis Technique 3/12-716

*Assemblage pour structure  
bois*  
*Connection for wood struc-  
ture*

---

## Goujons collés RBF

---

**Titulaires :** Société SIMONIN SAS  
France -25500 Montlebon  
Tel : 33 (0)3 81 67 01 26  
Fax : 33 (0)3 81 67 26 52  
Internet : [www.simonin.com](http://www.simonin.com)  
e-mail : [simonin@simonin.com](mailto:simonin@simonin.com)

Société JPF-DUCRET SA  
Suisse – 1630 Bulle  
Tél : 41 (0)24 445 12 32  
Fax : 41 (0)24 445 52 28  
Internet : [www.jpf-ducret.ch](http://www.jpf-ducret.ch)  
e-mail : [secretariat@jpf-ducret.ch](mailto:secretariat@jpf-ducret.ch)

### Groupe Spécialisé n° 3.3

Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure

Publié le 6 juin 2019



Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques  
d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

---

Secrétariat de la commission des Avis Techniques  
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2  
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : [www.ccfat.fr](http://www.ccfat.fr)

**Le Groupe spécialisé n° 3.3 « Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure » de la Commission Chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 11 avril 2019 le procédé d'assemblage pour structure bois Goujons collés RBF présenté par les sociétés SIMONIN SAS et JPF-DUCRET SA. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. Cet Avis annule et remplace l'Avis 3/12-716. L'avis a été formulé pour les utilisations en France Métropolitaine et DROM-COM.**

## 1. Définition succincte

### 1.1 Description succincte

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 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 24 mm.

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.

### 1.2 Identification de la résine

Les résines utilisées pour le collage des goujons du système de goujons collés RBF sont formulées sur une base commune de résine époxy bi composant (résine + durcisseur) conditionnée en cartouches ou en fûts sous la dénomination commerciale RBF, produite par la société RENOANTIC S.A. Des ajouts de mastic (SIMONIN) ou de charge minérale (JPF-DUCRET) modifient la viscosité sans effet sur les performances de la résine.

## 2. AVIS

L'avis porte uniquement sur le procédé tel qu'il est décrit dans le Dossier Technique joint, dans les conditions fixées aux Prescriptions Techniques (2.3).

### 2.1 Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les emplois en France Métropolitaine et DROM-COM zones sismiques 1 à 5 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, en classes de service 1, 2 et 3 au sens de la norme NF EN 1995-1, pour des structures exposées à des températures maximales à court terme inférieures à 60°C et à des températures maximales 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 en classe de service 1 et 2 uniquement au sens de la norme NF EN 1995-1 et sous réserve des vérifications énoncées au §2.311 des Prescriptions Techniques.

### 2.2 Appréciation sur le procédé

#### 2.2.1 Aptitude à l'emploi

##### Stabilité

La stabilité des structures bois assemblées au moyen du système de goujons collés RBF est normalement assurée, y compris dans les zones sismiques, si la conception et la réalisation des assemblages sont conformes aux conditions définies dans le dossier technique établi par le demandeur et aux Prescriptions Techniques ci-après.

##### Sécurité en cas d'incendie

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'Avis de laboratoire N°CO11-1998. Cet Avis de laboratoire est cité en référence au chapitre B du dossier Technique.

##### 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 du panneau dans l'ouvrage.

##### 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 § 2.322 des Prescriptions Techniques ci-après.

##### 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 le panneau 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 étaielement 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.

##### Données environnementales

Le procédé d'assemblage par goujons collés RBF ne fait pas l'objet d'une 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.

##### 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 contenu 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.

#### 2.2.2 Durabilité - Entretien

Compte tenu du domaine d'emploi accepté et des prescriptions techniques associées, la durabilité est normalement assurée pour les utilisations correspondant aux caractéristiques d'ambiance acceptées, c'est-à-dire qu'elle est équivalente à celle présentée par les constructions en bois avec assemblages traditionnels utilisées dans les mêmes conditions.

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 aux Prescriptions Techniques.

#### 2.2.3 Fabrication et contrôle

La fabrication, effectuée dans l'usine des Sociétés SIMONIN SAS à Montlebon (F) et JPF-DUCRET à Orges (CH) et Yverdon-les-Bains (CH), fait l'objet d'un contrôle interne et externe portant notamment sur les conditions et précautions relatives à l'injection des résines époxy utilisées pour les assemblages RBF. Le suivi de la production est effectué dans le cadre des procédures internes d'autocontrôle et fait l'objet d'un contrôle externe au moins deux fois par an par le FCBA.

## 2.3 Prescriptions Techniques

### 2.31 Conditions de fabrication

#### 2.311 Éléments en bois à assembler

Les éléments linéiques en bois destinés à être assemblés peuvent être en bois Lamellé Collé de classe GL24 minimum ou en Bois Massif Reconstitué (BMR) conformes à la norme NF EN 14080

Les éléments linéiques en bois destinés à être assemblés peuvent être en iroko ou en chêne conformément à la norme NF EN 14081.

#### 2.312 Goujons acier

Les tiges filetées servant à la fabrication des goujons doivent avoir des performances mécaniques conformes à NF EN ISO 898-1 pour les aciers et NF EN ISO 3506-1 pour les inox. NF A35-080-1 pour les barres d'armatures.

Les tiges filetées et barres d'armatures servant à la fabrication des goujons doivent être fournies avec une justification de leurs performances mécaniques sur la base d'une fiche de contrôle conforme à la norme NF EN 10204.

#### 2.313 Résine

La capacité de la résine RBF à satisfaire les critères d'une injection de bonne qualité est conditionnée par le maintien des dispositions de contrôle interne de production propre à la société RENOANTIC S.A fabrication de la résine RBF. La capacité à être injectée sous pression (résine SIMONIN) ou par gravité (JPF-DUCRET), de manière satisfaisante tient notamment au respect de la viscosité (contrôle au viscosimètre Brookfield selon DIN 53015). Les titulaires de l'Avis doivent vérifier auprès de leur fournisseur pour chaque livraison de résine le certificat d'analyse portant le numéro de lot.

### 2.32 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 élaborée dans les conditions prévues au chapitre 6 du Dossier Technique établi par le Demandeur. 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 §2.1 du présent Avis.

Les ouvrages doivent être dimensionnés et vérifiés par référence aux normes de la série NF EN 1995 moyennant les limitations décrites au §2.1.

#### Choix des goujons acier

Pour éviter tout risque lié à l'intervention 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.

#### 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.

#### Détermination de la valeur de calcul (rupture bois)

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 établi par le Demandeur de l'Avis.

#### 2.321 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, celle correspondant à la classe GL24 h selon la norme NF EN 14080 soit :  $f_{v,k} = 3,5 \text{ N/mm}^2$ .

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

#### 2.322 Dimensionnement en situation de séisme

La justification en zone sismique des structures assemblées par goujons collés RBF doit tenir compte du caractère non dissipatif de ces assemblages qui doivent être dimensionnés de façon à rester dans leur domaine élastique y compris en cas de sollicitation sismique.

Les coefficients partiels de sécurité correspondant aux combinaisons d'actions fondamentales doivent être appliqués, soit  $\gamma_M = 1.3$  pour le bois et  $\gamma_{MB} = 1.5$  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 dossier technique de l'Avis.

De plus, afin d'exploiter la source de ductilité des tiges filetées, le calcul de la capacité résistante caractéristique en traction / compression de la tige filetée sera modifiée comme suit :

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

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 en référence au chapitre B du dossier technique.

#### 2.323 Frettage des sections

Pour compenser les risques de fendage liés à la faible résistance du bois en traction transversale, les sections doivent être systématiquement frettées 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, disposé 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 cités en référence au chapitre B du dossier technique. Les dispositions courantes admises de frettage sont celles indiquées dans le paragraphe 7.8 du Dossier Technique. Les tiges dédiées au frettage doivent être placées entre chaque rangée de goujons et encadrer chacune des rangées.

#### 2.324 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 ferrailage suivant le schéma bielle-tirant conformément à la norme NF EN 1992-1-1.

#### 2.325 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'absence 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.

#### 2.326 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...).

### 2.33 Conditions de mise en œuvre

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

#### 2.331 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.

### 2.332 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.

### 2.333 Assemblage des éléments à 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.

### 2.334 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.

## Conclusions

### Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 2.1) est appréciée favorablement.

### Validité

A compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 30/04/2026

*Pour le Groupe Spécialisé n° 3.3  
Le Président*

## 3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

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). Il n'existe pas à ce jour de référentiel pour la réalisation de ces différentes évaluations (méthodes d'essais, interprétation). 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, 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 de façon à rester dans son domaine élastique. 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).

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°  
3.3*

# Dossier Technique

## établi par le demandeur

## A. Description

### 1. Principe et domaine d'emploi

Le système de goujons collés RBF est un dispositif d'assemblage d'éléments linéiques 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.

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.

### 2. Identification des résines

Les résines utilisées pour le collage des goujons du système de goujons collés RBF sont formulées 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.

### 3. Caractéristiques des matériaux

#### 3.1 Résine

Les résines utilisées pour l'injection dans les trous prévus à cet effet et le collage des tiges acier au bois sont formulées 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 :

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

Les résines utilisées par Simonin et JPF-DUCRET diffèrent principalement par leurs viscosités. La résine Simonin, injectée sous pression, comporte une part de mastic augmentant sa viscosité.

La résine JPF-DUCRET, injectée par gravité, comporte une charge minérale de quartz mais sa texture est plus fluide que la résine utilisée par Simonin. Les performances de ces résines sont jugées équivalentes.

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.

#### 3.2 Bois

Le bois des éléments de structure assemblés au moyen du système de goujons collés RBF est un bois lamellé collé résineux de qualité GL24 h minimum conforme à la norme NF EN 14080.

Les goujons du système de goujons collés RBF peuvent également être mis en œuvre dans du Bois Massif Reconstitué (BMR), constitué de lamelles de classe C24 au sens de la norme NF EN 338. Dans ce cas, la classe de résistance retenue pour l'élément de BMR lui-même est également la classe C24.

Les éléments linéiques en bois destinés à être assemblés peuvent être en iroko ou en chêne conformément à la norme NF EN 14081.

#### 3.3 Acier

L'acier constitutif des goujons métalliques est un acier de classe 5.8, 6.8, 8.8, 10.9 ou acier Inox A2, A3, A4 ou barres d'armature B 500B.

Le choix de la classe de qualité à utiliser est fonction du dimensionnement au cas par cas.

Classe de qualité	-	5.8	6.8	8.8	10.9
Tiges filetées acier					
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	A3	A4	
Limite élastique $f_{y,k}$	MPa	210	450	450	
Limite à rupture $f_{u,k}$	MPa	500	700	700	
Barres d'armatures					B500B
Limite élastique $f_{y,k}$	MPa				500
$f_{u,k}/f_{y,k}$					$\geq 1.08$

### 4. Description des éléments

#### 4.1 Goujons acier

Les goujons sont des tiges filetées ou barres d'armature parfaitement dégraissées avant mise en œuvre. Si la résistance à la corrosion doit être renforcée, des tiges électrozinguées ou galvanisées sont utilisées.

Les goujons sont réalisés en acier de qualité 5.8, 6.8, 8.8, 10.9 ou inox A2, A3, A4 pour les tiges filetées et B500B pour les barres d'armature, retenues selon le dimensionnement et parmi les classes proposées au tableau du § 3.3 ci-dessus. Les goujons ont un diamètre supérieur ou égal à 12 mm.

#### 4.2 Éléments linéiques en bois à assembler

Les éléments linéiques en bois destinés à être assemblés n'ont pas à respecter d'autres critères que ceux qui s'appliqueraient aux mêmes éléments destinés à être assemblés avec une technique d'assemblage traditionnelle.

Dans la zone d'assemblage, cependant, le bois doit être exempt de défaut majeur (nœuds ou pente du fil) et ne pas présenter de gerces susceptibles de contrarier le résultat de l'injection de la résine.

#### 4.3 Joint de résine du système RBF

Le perçage des trous dans l'élément de structure bois à assembler étant réalisé au diamètre de la tige filetée augmenté de 6 mm, l'épaisseur théorique de résine mise en œuvre pour transmettre les efforts entre la tige filetée en acier et le bois est de 3 mm (joint dit épais).

### 5. Fabrication – contrôles

La fabrication du procédé est exclusivement effectuée dans les usines de SIMONIN et JPF-DUCRET.

La fabrication des goujons collés RBF est soumise d'une part à une procédure de contrôle interne en usine 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)).

### 6. Mise en œuvre et assurance qualité

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).

#### 6.1 Mise en œuvre des goujons collés

La mise en œuvre des goujons collés se fait exclusivement dans les usines des 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 :

### 6.11 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.

### 6.12 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.

### 6.13 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.

### 6.14 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.

### 6.15 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%.

### 6.16 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%.

## 6.2 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.

## 6.3 Principe de liaison sur autres structures

### 6.31 Sur Structure béton

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

### 6.32 Sur Structure acier

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

## 6.4 Assurance Qualité

### 6.41 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.

### 6.42 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).

## 7. Dimensionnement

### 7.1 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 :**

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

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

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

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

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

**Rupture par ruine du goujon acier :**

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

avec :

$f_{u,k}$  limite à rupture de l'acier considéré (voir tableau au § 3.3) 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 :

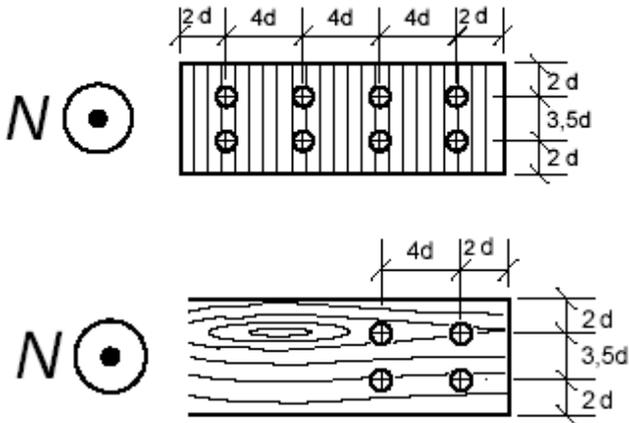
Tiges filetées acier et inox					
d (mm)	-	12	14	16	18
As (mm <sup>2</sup> )	-	84	115	157	192
d (mm)	20	22	24	27	30
As (mm <sup>2</sup> )	245	303	353	459	561
Barres d'armatures					
d (mm)	12	14	16	20	25
As (mm <sup>2</sup> )	113	154	201	314	491

### 7.2 Vérification de la capacité résistante en traction axiale pour un groupe de goujons

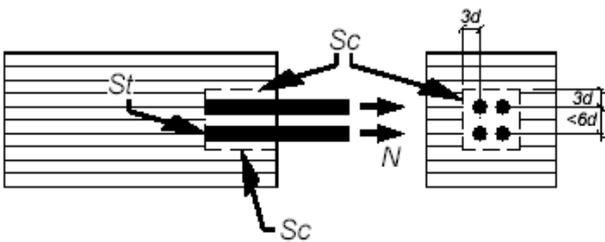
La réalisation d'assemblages au moyen de groupes de goujons prend en compte d'une part le respect des distances minimales entre axes et au bord, d'autre part la vérification d'un mode de ruine supplémentaire qui est celui de la rupture de bloc.

- La distance entre axes doit être supérieure à 3,5d ou 4d (voir schéma) 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).



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 cisailées ( $Sc$ ) et en fond de bloc ( $St$ ) sont calculées dans les conditions figurant au schéma suivant :



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

On vérifiera alors que :

$$n_{ef} R_{ax,k} \leq \max \left\{ \begin{matrix} St f_{t,0,k} \\ Sc f_{v,k} \end{matrix} \right.$$

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

$Sc$  : surface de bois sollicitée en cisaillement entourant le volume de matière tel que représenté sur la figure ci-dessus

### 7.3 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  $\geq d$ ) 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.

#### 7.31 Assemblage bois/bois

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

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

avec  $f_{h,\alpha,k}$  et  $M_{y,Rk}$  respectivement portance locale du bois et moment plastique du goujon donnés plus loin.

#### 7.32 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 :

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

avec  $f_{h,\alpha,k}$  et  $M_{y,Rk}$  respectivement portance locale du bois et moment plastique du goujon donnés plus loin.

#### 7.33 Assemblages 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 :

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

avec  $f_{h,\alpha,k}$  et  $M_{y,Rk}$  respectivement portance locale du bois et moment plastique du goujon donnés 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 :

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

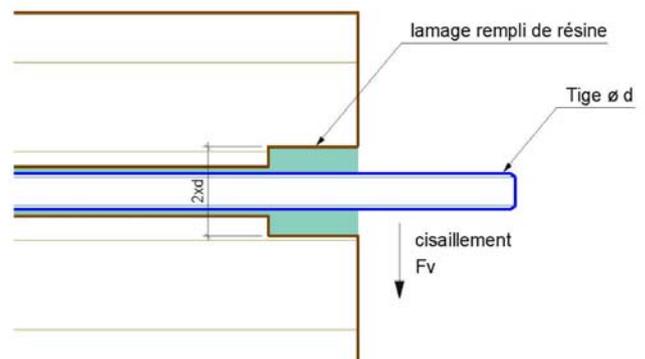
Le moment plastique du goujon est donné par la formule suivante :

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

#### 7.34 Prise en compte d'un lamage

Lorsqu'un lamage est réalisé en extrémité, celui-ci augmente la résistance en cisaillement. La valeur  $R_{lat,lat,k}$  pourra être majorée de 50%, pour des sections systématiquement frettées conformément aux dispositions du §7.8 de et selon les configurations des essais soit :

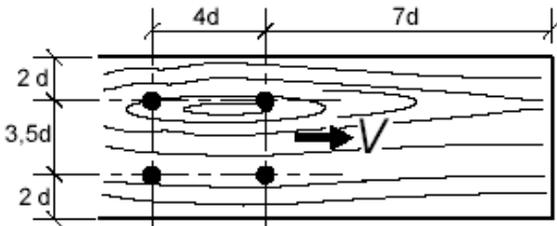
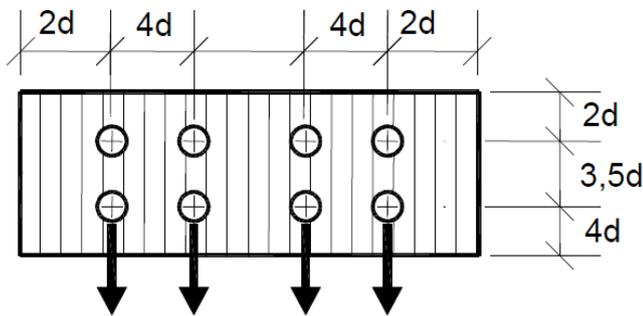
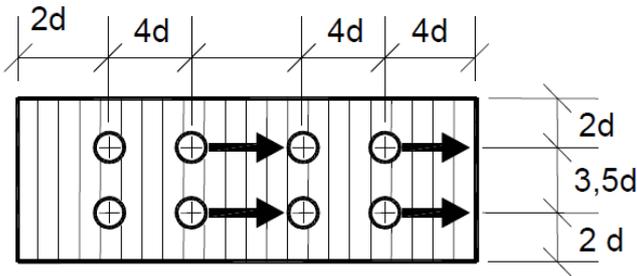
- Tiges diamètre 16 ou 20mm
- Longueur de scellement de 200 à 300mm
- Lamage de diamètre  $2xd$
- Lamage de profondeur 40mm



## 7.4 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 ci-après en fonction de l'orientation des goujons par rapport au fil du bois :



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 :

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

## 7.5 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.

### 7.51 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  $\rho_i$  distance des goujons au centre de rotation.

### 7.52 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  $\rho_i$  distance des goujons au centre de rotation.

## 7.53 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  $\rho_{max}$  est la distance du goujon le plus éloigné du centre de rotation.

## 7.6 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 :

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

avec  $\gamma_M = 1,3$  et  $\gamma_{Mb} = 1,5$  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 les tableaux suivants :

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

## 7.7 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 :

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

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.

## 7.8 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.

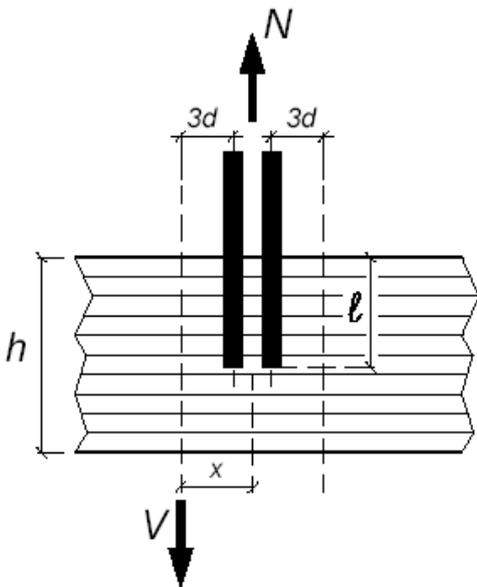
## 7.9 Vérification complémentaire du risque de fendage

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 le schéma suivant :



et en prenant  $\tau_d$  tel que :

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V}{b \cdot l} \text{ avec } b \text{ largeur de l'élément en bois.}$$

Si l'assemblage est fretté conformément aux dispositions du § 7.8, il n'est pas nécessaire de le justifier vis-à-vis du risque de fendage.

## 7.10 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 :

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

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 :

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

où  $E_1$  et  $E_2$  sont les 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.

## 7.11 Raideur des assemblages

### 7.111 Raideur à l'état limite de service.

La raideur axiale d'un goujon est donnée par :

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

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 :

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

- La raideur rotationnelle des assemblages est donnée par :

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

en N.mm / rd et avec  $\rho_i$  distance des goujons au centre de rotation.

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

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

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

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

### 7.112 6.11.2 Raideur à l'état limite ultime.

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

### 7.113 Prise en compte des raideurs dans la modélisation de la structure.

Pour la modélisation de la structure, on utilise les raideurs définies aux paragraphes 6.11.1 et 6.11.2 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 ( $E_{0,moy} \cdot I$  et  $E_{0,05} \cdot I$ ).

Pour des éléments de portée  $L$ , le coefficient de rigidité  $\beta$  est donné par :

A l'ELS :

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

A l'ELU :

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

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

Si  $\beta$  est supérieur ou égal à 8, la liaison peut être considérée comme encastrement.

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

## 7.12 Ouverture dans les poutres

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

## 7.13 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 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 et un coefficient de comportement  $q = 1.5$  est appliqué dans les calculs. Les coefficients partiels de sécurité correspondant aux combinaisons d'actions fondamentales doivent être appliqués, soit  $gM=1.3$  pour le bois et  $gM=1.5$  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 du paragraphe 7.6.

De plus, afin d'exploiter la source de ductilité des tiges filetées, le calcul de la capacité résistante caractéristique en traction / compression de la tige filetée sera modifiée comme suit :

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

avec :

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

## B. 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/67/02/1195/02 E 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'Éducation 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

## C. Références

### C1. Données environnementales<sup>1</sup>

Le procédé d'assemblage par goujons collés RBF ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

### C2. Autres références

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

- Portiques encastrés portée 25 m pour ateliers à LA FERTE SAINT AUBIN (45) en 2012 ;
- Belvédère hauteur 25.80 m à CRAONNE (02) en 2012 ;
- Belvédère hauteur 12 m à BOIS D'ARCY (78) en 2012 ;
- Fermes treillis tridimensionnelles portée 30 m à LONGUEIL SAINTE MARIE (60) en 2013 ;
- Fermes treillis portées 30 m pour SDIS à CHAUMONT (52) en 2013 ;
- Assemblages de charpente pour Congrégation des sœurs à GIZIA (39) en 2014 ;
- Assemblages de charpente pour complexe touristique à TAHITI en 2014 ;
- Fermes cintrées portée 31 m avec tirants et joints de transport pour Gymnase à VOH (Nouvelle Calédonie) en 2016 ;
- Assemblages de charpente pour complexe touristique à NUKUTEPIPI (Polynésie française) ;
- Belvédère hauteur 15.3 m à NUKUTEPIPI (Polynésie française) ;
- Fermes treillis portée 18.50 m pour bâtiment agricole à BELLEFONTAINE (39) en 2014 ;
- Assemblages de charpente pour auvent à BOULOGNE BILLANCOURT (92) en 2014 ;
- Passerelle de 38 m à BOUVERANS (25) en 2015 ;
- Fermes treillis portée 24 m + porte à faux 8 m pour bâtiment agricole à NEYDENS (74) en 2015 ;
- Assemblages de charpente pour Piscine à MALBUISSON (25) en 2016 ;
- Assemblages de charpente pour Musée à MONTLEBON (25) en 2016 ;
- Joint de transport sur poutres de 29 m pour théâtre Nono à MARSEILLE (13) en 2016 ;
- Ferme treillis de 52.5 m pour hall de marché à PONTARLIER (25) en 2017 ;
- Fermes treillis de 37 m pour parc des expositions Juraparc à LONS LE SAULNIER (39) en 2017 ;
- Passerelles de 28 m à MONTREUIL SUR MER (62) en 2017 ;
- Assemblages sur Arc de 18 m pour Tennis à COURCOURONNES (91) en 2017 ;
- Assemblages de charpente pour pergola couverte à BISCAROSSE (40) en 2017 ;
- Encastremets de pieds de poteaux pour Piscine à BEAULIEU SUR BRESSUIRE (79) en 2017 ;
- Passerelles de 25 m à SAINT VALERY SUR SOMME (80) en 2018 ;
- Fermes treillis de 28 m pour Restaurant Buffalo Grill à MORTEAU (25) en 2018 ;
- Joints de transport sur arcs de 47 m à PONT A MOUSSON (54) en 2018 ;
- Assemblages de charpente pour hall de marché d'AVERMES (03) en 2018.

### • RÉFÉRENCES JPF-DUCRET SA

- Patinoire de Vallorbe, fermes sous-tendues portée 40.00m avec joint central Vallorbe (Suisse) 2018 ;
- Fromage Gruyères fermes triangulées portée 30m Bulle (Suisse) 2018 ;
- Alternative Cars Show Room automobile, ferme triangulée 18m Yverdon (Suisse) 2018 ;
- SI l'Asse Cadres bi encastrés pour bâtiment administratif, portée 10m Nyon (Suisse) 2018 ;
- Gravières de Farvagny, fermes triangulées cintrées, portée 32m Farvagny (Suisse) 2018 ;
- Manège Piller fermes angle de cadre avec joint central, portée 26m Près-vers-Noréaz (Suisse) 2018 ;
- Bâtiment Technopoli, Ferme triangulée, portée 25m, halle industrielle Delémont / Bonfol (Suisse) 2018.
- 

<sup>1</sup> Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis

# Annexe 1 au dossier technique

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

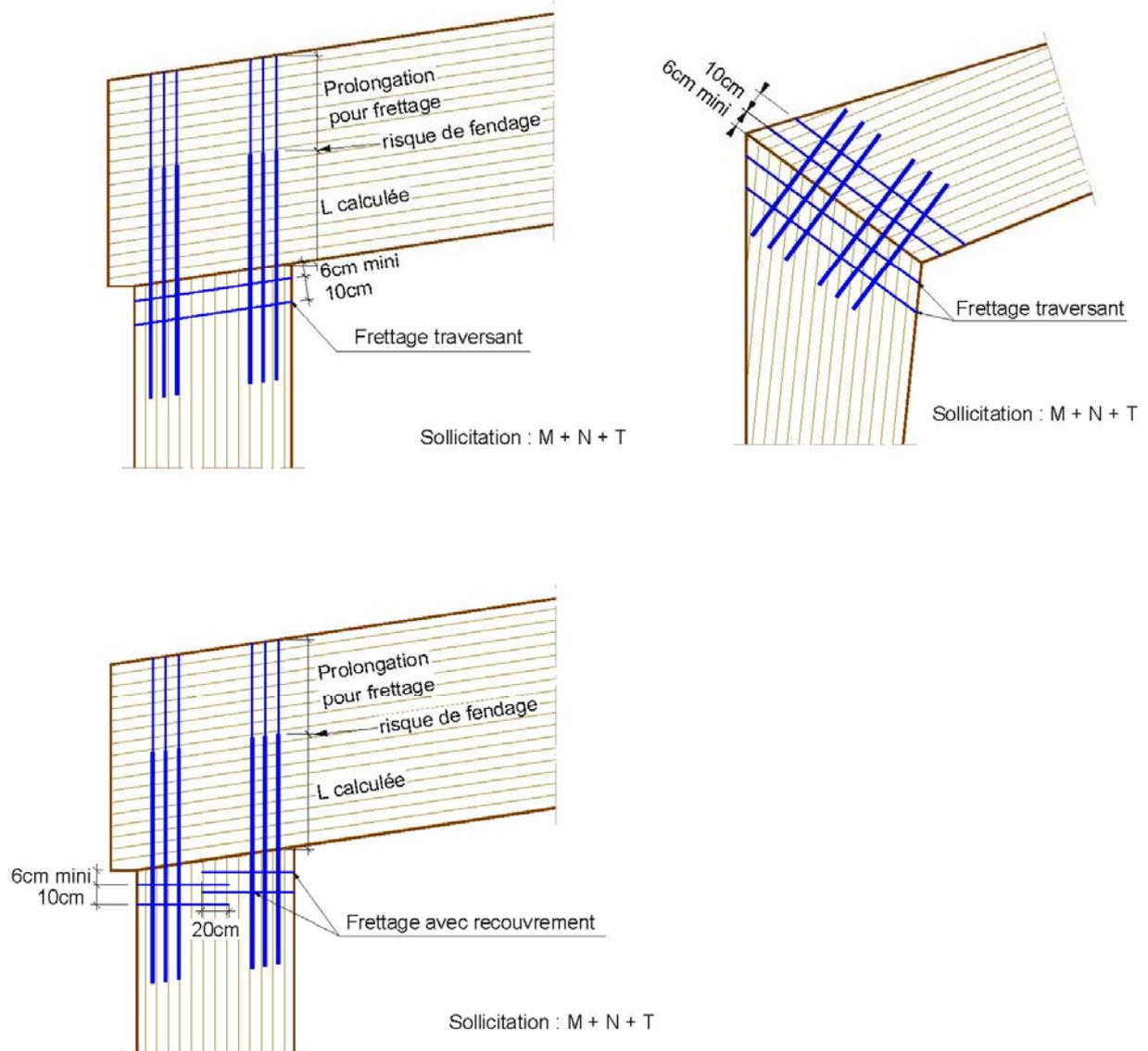
1. Pour chaque assemblage, choix d'une disposition d'assemblage : diamètre des goujons utilisés, classe d'acier des tiges (§ 3.3 du dossier technique), longueur de scellement de ces goujons, disposition géométrique de ces goujons (distances minimales entre axes et distances au bord selon § 6.2 du dossier 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 (§ 6.11.2 et 6.11.3 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 : § 6.1, cisaillement : § 6.3).
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 ( $\gamma_M = 1,3$  pour la ruine bois et  $\gamma_{Mb} = 1,5$  pour la ruine de la tige filetée et 1.15 pour la barre d'armature) et application des coefficients de conversion (§ 6.6 du dossier technique).
6. Pour chaque assemblage, en traction axiale, vérification de la résistance du groupe par rapport au risque de rupture de bloc (§ 6.2 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  $n_{ef}$  (§ 6.4 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 (§ 6.5.1 et § 6.5.2 du dossier technique).
9. Pour chaque assemblage soumis à des sollicitations combinées (Traction et/ou cisaillement et/ou moment), vérification de l'interaction (§ 6.7 du dossier technique).
10. Pour chaque assemblage, une vérification complémentaire du risque de fendage est effectuée en cas de traction perpendiculaire au bois (§ 6.9 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 (§ 7.8 du dossier technique).

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

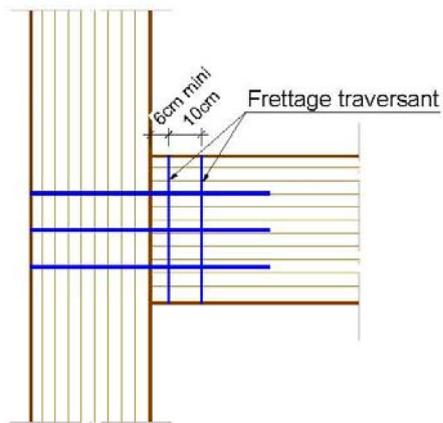
1. Détermination de la raideur axiale ( $K_{ser,ax,ass}$ ) de chaque assemblage en tenant compte de la raideur axiale individuelle des assemblages  $K_{ser,ax} = 71500 \text{ N/mm}$  (§ 6.11.1 du dossier technique).
2. Détermination de la raideur rotationnelle de chaque assemblage en fonction de la raideur axiale de chaque goujon pris individuellement ( $K_{ser,ax}$ ) et de sa distance  $\rho_i$  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

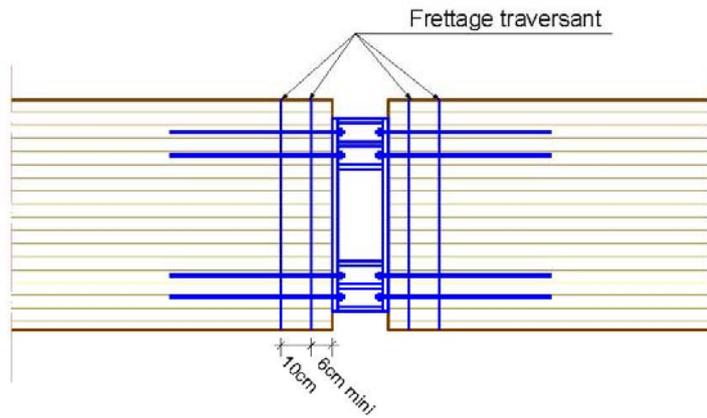
## PRINCIPE DE FRETTAGE



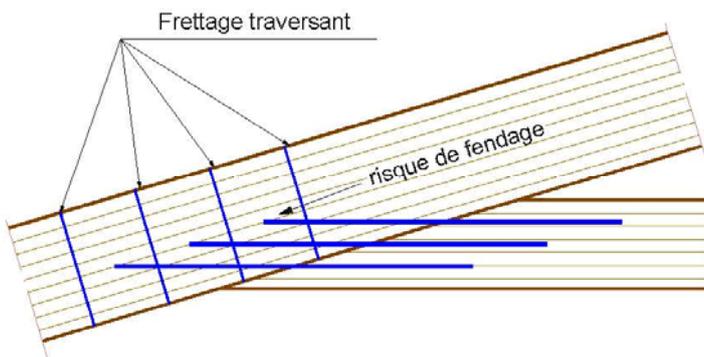
# PRINCIPE DE FRETAGE



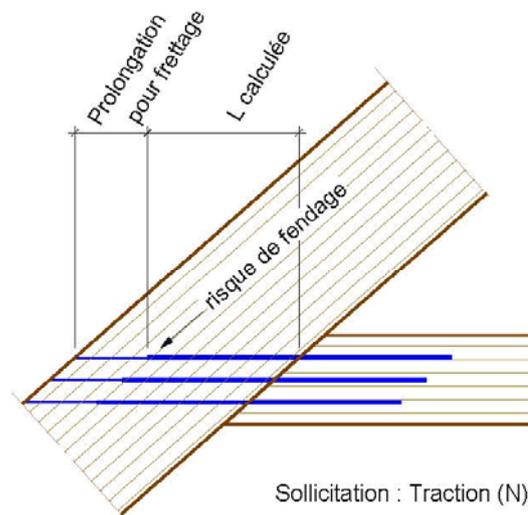
Sollicitation : Cisaillement (T)



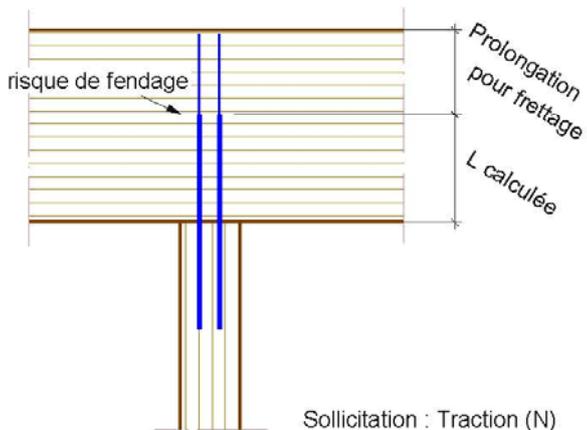
Sollicitation : M + N + T



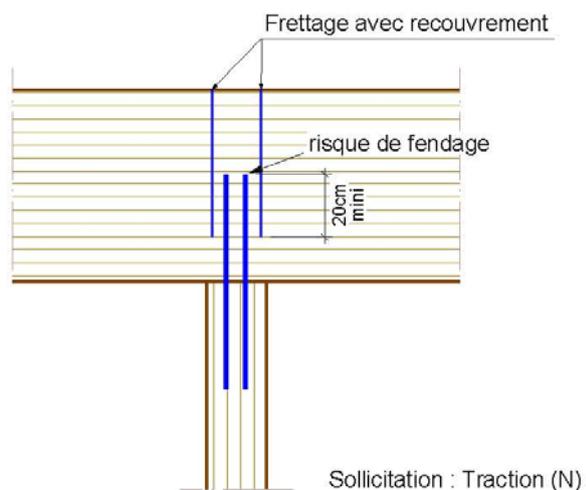
Sollicitation : Traction (N)



Sollicitation : Traction (N)



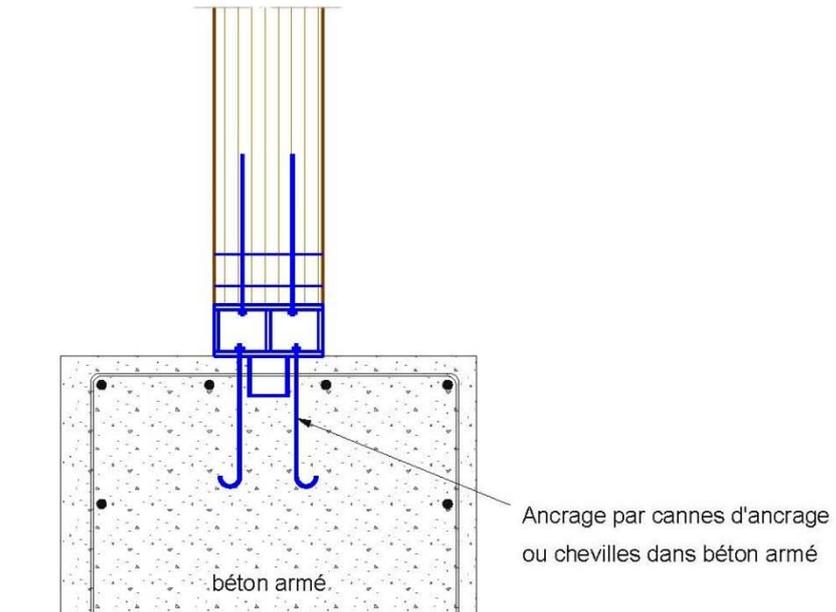
Sollicitation : Traction (N)



Sollicitation : Traction (N)

## EXEMPLES DE LIAISON AVEC BETON ARME OU ACIER

### Assemblage sur béton armé



### Assemblage sur structure métallique

