

# Avis Technique 3/12-716

Remplace l'Avis Technique 3/08-567

*Dispositif d'assemblage pour  
structures bois*

*Connection for wood based  
structures*

---

## 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 DUCRET-ORGES SA  
Suisse – 1430 Orges  
Tél : 41 (0)24 445 12 32  
Fax : 41 (0)24 445 52 28  
Internet : [www.ducret-orges.ch](http://www.ducret-orges.ch)  
e-mail : [ducret@ducret-orges.ch](mailto:ducret@ducret-orges.ch)

**Usines :** Société SIMONIN SAS  
F – 25500 Montlebon

Société DUCRET-ORGES  
CH - 1430 ORGES

**Distributeur :**

Commission chargée de formuler des Avis Techniques  
(arrêté du 21 mars 2012)

**Groupe Spécialisé n°3**

Structures, planchers et autres composants structuraux

Vu pour enregistrement le 14 novembre 2012

**Le Groupe spécialisé n° 3 « Structures, planchers et autres composants structuraux » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 11 Avril 2012 le système d'assemblages par Goujons collés RBF pour structures bois, exploité par les Etablissements SIMONIN Frères. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après qui se substitue à l'Avis Technique 3/08-567.**

## 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 et dont les longueurs minimales et maximales de scellement respectent les conditions du § 2.32 du CPT de l'Avis.

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 (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 au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§ 2.3).

La validité de l'Avis est assujettie à la réalisation par le FCBA de visites de contrôle (2 visites par an) destinées à vérifier notamment le respect des obligations du contrôle interne pour les opérations d'injection de résine et effectuées selon les référentiels de convention de contrôle MQ220 (SIMONIN) et MQ708 (DUCRET).

### 2.1 Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les emplois en France européenne et DROM-COM, toutes zones sismiques incluses, 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 du Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

La mise en œuvre des goujons collés se fait exclusivement dans les usines des sociétés SIMONIN et DUCRET.

### 2.2 Appréciation sur le procédé

#### 2.21 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 au Cahier des Prescriptions Techniques particulières ci-après.

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

##### 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 du Cahier des Prescriptions Techniques ci-après.

##### Sécurité du travail sur chantier

La mise en œuvre sur chantier d'éléments de grande taille pré-assemblés en usine nécessite les précautions habituelles pour la manutention d'éléments de grandes dimensions. Elle nécessite en outre les dispositions usuelles relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur.

#### 2.22 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.

#### 2.23 Fabrication et contrôle

La fabrication, effectuée dans l'usine des Sociétés SIMONIN SAS à Montlebon (F) et DUCRET à Orges (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.

### 2.3 Cahier des prescriptions techniques particulières

#### 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 résineux de classe GL24 minimum selon la norme NF EN 1194

En bois massif reconstitué (BMR) de qualité GT 24 minimum selon la norme NF EN 52 010.

Les précautions usuelles qui sont celles prises dans la fabrication du bois lamellé collé s'appliquent pour les éléments destinés à être assemblés. Il est particulièrement important que toutes les dispositions aient été prises pour éviter le tuilage ou la fissuration des lamelles, phénomènes ayant pour conséquence de nuire gravement à la faisabilité et à la qualité de l'injection de la résine.

L'utilisation du système avec une autre essence est possible mais nécessite au préalable la validation de la compatibilité de la résine RBF avec l'essence considérée et des performances qui peuvent être obtenues pour l'assemblage dans ces conditions.

L'utilisation d'un bois lamellé collé réalisé avec le Chêne ou l'Iroko, de classe D24 minimum, est possible sous réserve d'une évaluation attestant de sa conformité aux prescriptions de la norme NF EN 386 concernant les performances et la fabrication.

##### 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 (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 augmenté des prescriptions complémentaires figurant au présent Cahier des Prescriptions Techniques. Le dossier technique est présenté de manière à permettre un dimensionnement sur la base des principes de l'Eurocode 5.

Les calculs de dimensionnement doivent être réalisés exclusivement par les Sociétés SIMONIN SAS et DUCRET, titulaires de l'Avis.

### 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 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 1194 soit :  $f_{v,k} = 2.7 \text{ N/mm}^2$ .

Pour le Chêne et l'Iroko, celle correspondant à un classement feuillu D18 selon la norme NF EN 338 soit :  $f_{v,k} = 3.4 \text{ N/mm}^2$ .

#### 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  $\gamma_M=1.5$  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 6.8 du Dossier Technique. Les tiges dédiées au frettage doivent être placées entre chaque rangée de goujons et encadrer chacune des rangées.

## 2.33 Conditions de mise en œuvre

### 2.331 Transport, manutention 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 cotes 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 cotes 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.

## Conclusions

Le présent Avis annule et remplace l'Avis Technique n° 3/08-567.

### Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

### Validité

5 ans jusqu'au 30 Avril 2017.

Pour le Groupe Spécialisé n° 3  
La Présidente  
R.LARQUETOUX

## 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, la structure doit être calculée en mode élastique. Ceci implique en général que l'ensemble du projet soit calculé de cette façon. 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*  
Nicolas RUAUX

# 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. Ses 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 Ducrét diffèrent principalement par leurs viscosités. La résine Simonin, injectée sous pression, comporte une part de mastic augmentant sa viscosité.

La résine Ducrét, 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.

Le Chêne et l'Iroko de qualité D24 minimum peuvent être utilisés pour des assemblages par tiges collées sous forme de bois massif. Un bois lamellé collé fabriqué à partir de ces essences doit faire l'objet d'une évaluation attestant de sa conformité aux prescriptions de la norme EN 386 concernant les performances et la fabrication.

Toute utilisation du système avec d'autres essences de bois nécessite au préalable la validation de la compatibilité de la résine RBF avec l'essence considérée et des performances qui peuvent être obtenues pour l'assemblage dans ces conditions.

#### 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
$f_{u,k} / f_{v,k}$					≥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 électro-zinguées 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. 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).

### 5.1 Mise en œuvre des goujons collés

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

### 5.11 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 cotes, 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.

### 5.12 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.

### 5.13 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.

### 5.14 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.

### 5.15 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%.

### 5.16 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%.

## 5.2 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.

## 5.3 Principe de liaison sur autres structures

### 5.31 Sur Structure béton

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

### 5.32 Sur Structure acier

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

## 5.4 Assurance Qualité

### 5.41 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.

### 5.42 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).

## 6. Dimensionnement

### 6.1 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 :

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

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

$$R_{ax,b,\alpha,k} = 104 \cdot f_{v,k} \cdot (d + 6) \cdot (l_a - 1,5 \cdot (d + 6))^{0,45}$$

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 :

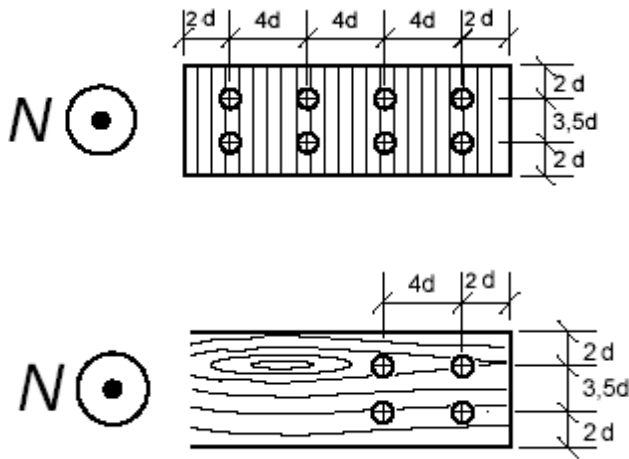
$f_{u,k}$  limite à rupture de l'acier considéré (voir tableau au § 3.3) et  $A_s$  section de tige filetée ou de la barre d'armature du goujon à considérer selon tableau suivant extrait de la norme NF EN ISO 898-1 :

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

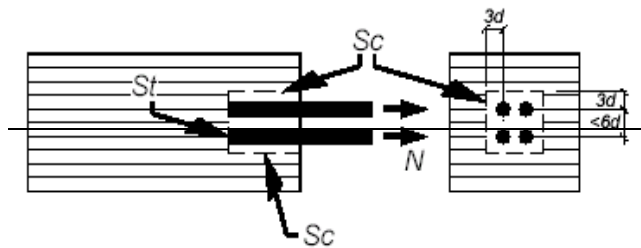
### 6.2 Vérification de la capacité résistante en traction axiale pour un groupe de goujons

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 :

$$n_{ef} R_{ax,k} \leq \max \left\{ \begin{array}{l} S_t f_{t,0,k} \\ S_c f_{v,k} \end{array} \right.$$

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

### 6.3 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.

#### 6.3.1 Assemblage bois/bois

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

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

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

#### 6.3.2 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 :

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

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

#### 6.3.3 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 :

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

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 :

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

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

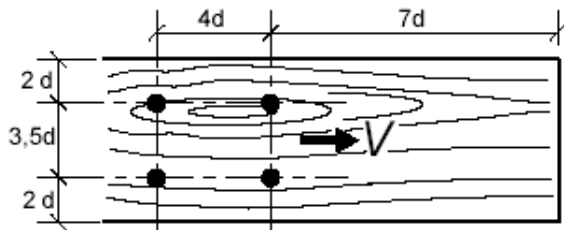
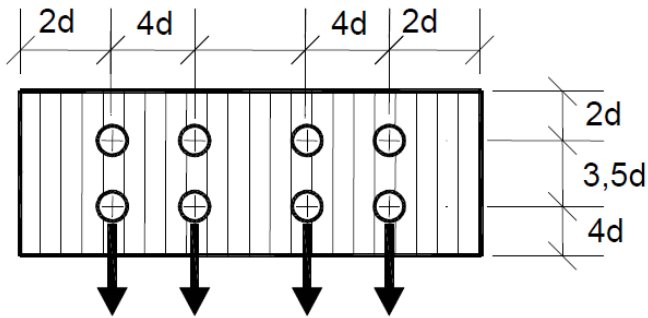
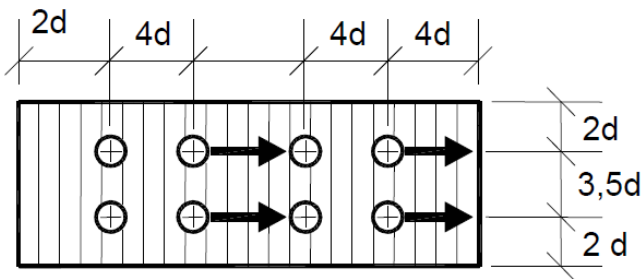
Lorsqu'un lamage est réalisé en extrémité, celui-ci augmente la résistance en cisaillement. La valeur  $R_{lat,lat,k}$  pourra être majorée de 50%, pour des sections systématiquement frettées conformément aux dispositions du §6.8 de et selon les configurations des essais soit :

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

### 6.4 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 :



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

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.

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

### 6.6 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 :

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

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 :

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

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

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

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

### 6.5 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.

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

#### 6.5.2 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 :



## 6.7 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 :

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

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.

## 6.8 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

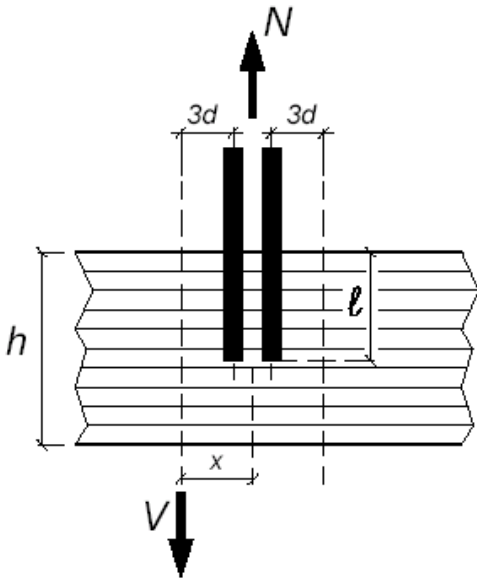
## 6.9 Vérification complémentaire du risque de fendage

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 § 6.8, il n'est pas nécessaire de le justifier vis-à-vis du risque de fendage.

## 6.10 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.

## 6.11 Raideur des assemblages

### 6.11.1 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 :

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

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

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

### 6.11.3 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 ( $E_{0, moy} I$  et  $E_{0,05} I$ ).

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 encastrée.

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

## 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'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

## C. Références

Les Etablissements SIMONIN SAS et 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 :

### Pour SIMONIN SAS

- Fermes treillis 15 m de portée à AUGISEY (39) en 2000.
- Fermes treillis 20 m de portée à FOURNETS LUISANS (25) en 2002.
- Fermes 25 m de portée à MONTLEBON (25) en 2002.
- Fermes 33 m de portée de la salle de sport de SABUGAL au Portugal en 2003.
- Portiques encastrés de 15 m de portée à BESANCON (25) pour les Etablissements JARDILAND en 2003.
- Passerelle piétonne du camping de Torre de la Mora à TARRAGONA en Espagne en 2004.
- Passerelle routière à AVOUDREY pour 2 x 22 m de portée en 2004.
- Fermes treillis portée 13 m pour la salle des fêtes de BONNEUIL LES EAUX (60) en 2004.
- Portiques portée 24 m à COGNA (39) en 2004.
- Fermes treillis portée 7.25 m pour restaurant à ORGEY (68) en 2003.
- Fermes arbas + tirant portée 16 ml pour fonderie Aluminium à COMPIEGNE (60) en 2003 et 2004.
- Portiques 12 ml de portée pour menuiserie à BOUVERANS (25) en 2004.
- Ferme 12 ml de portée pour bâtiment industriel à GUYANS VENNES (25) en 2004.
- Ancrage poutre 10 ml de portée pour salle des fêtes à l'ILE DE LA REUNION en 2004.

- Fermes treillis 38 ml de portée à SALVATERRA au Portugal en 2004.
- Fermes lenticulaires 10 ml de portée pour bureau SIMONIN en 2004.
- Fermes treillis pour bowling à BOLQUERE (66) en 2004.
- Portiques encastrés 10.6 ml de portée à IS EN BASSIGNY (52) en 2004.
- Fermes treillis 34 ml de portée pour salle de sport à FUERTEVENTURA en Espagne en 2006.
- Portiques encastrés pour salle des fêtes à SURTAINVILLE (50) en 2006.
- Fermes treillis 12 ml de portée pour logement à ROQUEBRUNE (06) en 2007.
- Fermes treillis portée 16.5 m pour école de LULLIN (74) en 2007.
- Fermes treillis portée 13 m pour CI CHATEAU DE LA MER à NICE (06) en 2007.
- Fermes treillis portée 9 m pour locaux site nordique à PRE PONCET (25) en 2007.
- Fermes treillis portée 24.7 m pour manège en Suisse en 2006.
- Passerelles piétons et secours pour parc de loisirs à MONAMPTEUIL (62) en 2007.
- 3 fermes treillis pour les Etablissements JARDILAND à WITTENHEIM (68) en 2008.
- 3 fermes treillis de 12 m de portée pour Maison à DOMMARTIN (25) en 2008.
- 4 portiques encastrés pour un atelier à COURTHEZON (84) en 2008.
- 6 portiques encastrés + corbeaux pont roulant pour un atelier à JOUE LES TOURS (37) en 2008.
- 5 poutres principales cintrées, avec 3 joints de transport par poutre pour gymnase de ST BENOIT (La Réunion) en 2009.
- 18 demi-fermes avec joint de transport pour l'hôtel BAOBAB aux ILES CANARIES en 2009.
- Poutres treillis de 32 m de portée pour le gymnase de NOGENT (52) en 2009.
- 4 poutres treillis cintrées + 1 arc principal de 38 m de portée pour le gymnase EVARISTE (La Réunion) en 2009.
- 2 passerelles de 25 m de portée à TORCY (77) en 2009.
- 6 poutres treillis pour un pylône de télécommunication de 25 m de haut à VALMONDOIS (95) en 2009.
- Poutres treillis + portiques encastrés pour le Camping de la Rive à BISCAROSSE (33) en 2010.
- 8 demi-fermes pour la halle de SAINT-PAUL (60) en 2010.
- Aérogare d'ANNOBON (Afrique) en 2010.
- Passerelle de 300 m de long à SIPOPO (Afrique) en 2010.
- Aérogare de CORISCO (Afrique) en 2010.
- Structure décorative CEIBA de 15m de haut à SIPOPO (Afrique) en 2011.
- Fermes treillis de 33 m de portée pour SIMONIN SAS à MONTLEBON (25) en 2011.
- Fermes treillis de 31 m de portée + fermes treillis de 17 m de portée pour Caserne BRUN à BESANCON (25) en 2011.

### Pour DUCRET

- Fermes triangulées. Portée 20 m. Supermarché (Italie). 1998
- Fermes triangulées. Longueur 36m. Salle de Seriate. 1998
- Poutres multi collées pour pont mixte routier. Portée 12-24-12m. Pont mixte d'Allières ; Fribourg.
- Poutres pleines multi collées. Surface 60 x 100 m. Centre de voirie de Carouge. Genève. 1998.
- Fermes triangulées. Portée 30m. Centre de logistique ; Italie (1998).
- Fermes triangulées ; portée 30m. Centre sportif de Couvet. Neuchâtel. 1998.
- Fermes triangulées. Portée 42m. Patinoire de CSSM de Sous Moulin. Genève. 1999.
- Dalles mixtes bois –béton et cadres porteurs de façade. 2500 m². Centre économique scolaire de Peschier. Genève. 1999
- Fermes triangulées. Portée 40m. Patinoire de Neuchâtel. 1999
- Fermes triangulées. Portée 32 et 36 m. Hangar Hélicoptère de Sion. 1999.
- Fermes triangulées. Portée 30m. Halle de logistiqu. Avenches. 2001.
- Fermes triangulées. Portée 22m. Halle logistique Port franc, Chavornay. 2011.
- Fermes triangulées. Portée 48m. Halles industrielles. Italie. 2001
- Coupole de 27m de haut. Palais de l'équilibre, Neuchâtel, Expo.02. 2001.
- Cadres porteurs + dalles mixtes bois béton. Pavillons scolaires, Genève. 2001-2004.

- Poutres lamellé collés sous tendus par tirants métalliques. Portée 40 ; Patinoire de Sion. 2001
- Fermes supports de 2 planchers intermédiaires. Tour de la Radio Suisse Romande, Lausanne. 2001
- Ferme. Portée 16-20m. Bâtiment de voirie, Versoix ; 2002
- Fermes portées. 40 m. Manège privé Gampelen.
- Fermes triangulées porteuses. 40m. Manège Italie. 2004.
- Fermes triangulées porteuse. Portée 30m. Gymnase Intercantonal de la Broye. 2004.
- Fermes triangulées secondaires 20m et Faite porteur principal 32 m. Salle de Gymnastique de Blonay. 2004
- Planchers porteurs et Fermes triangulées de toiture. Portée 20 m. Ecole de Pharmacie. Genève. 2004.
- Fermes triangulées principales. Portée 45m. Salle de la Riveraine. Neufchâtel. 2004.
- Fermes triangulées principales. Portée 2x26m. Halle de logistique. Lausanne. 2004.
- Angles de cadre. Portée 40m. Tennis de Lausanne. 2004.
- Fermes triangulées. Portée 40m. Patinoire du Locle. 2004.
- Passerelle à haubans. Portée totale 80m. Passerelle sur le Rhône
- Fermes triangulées en grille de poutre. Surface 2 x 40 x 80. Tennis de Cologny. 2005.
- Poutres pleines et avant toit cintré. Bains de Charmey ; 2006.
- Poutres à treillis. portée 27m. Piscine couverte. Yverdon les bains. 2006
- Poutres à treillis. Portée 25m. piscine couverte. Villaguardia. 2007.
- Poutres à treillis et angles de cadre. Supermarché. Italie. 2007.
- Toiture cintrée. Collège du Léman. Genève. 2008
- Poutres à treillis , portée 30m. salle de spectacle. 2008.

# Annexe 1 au dossier technique

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

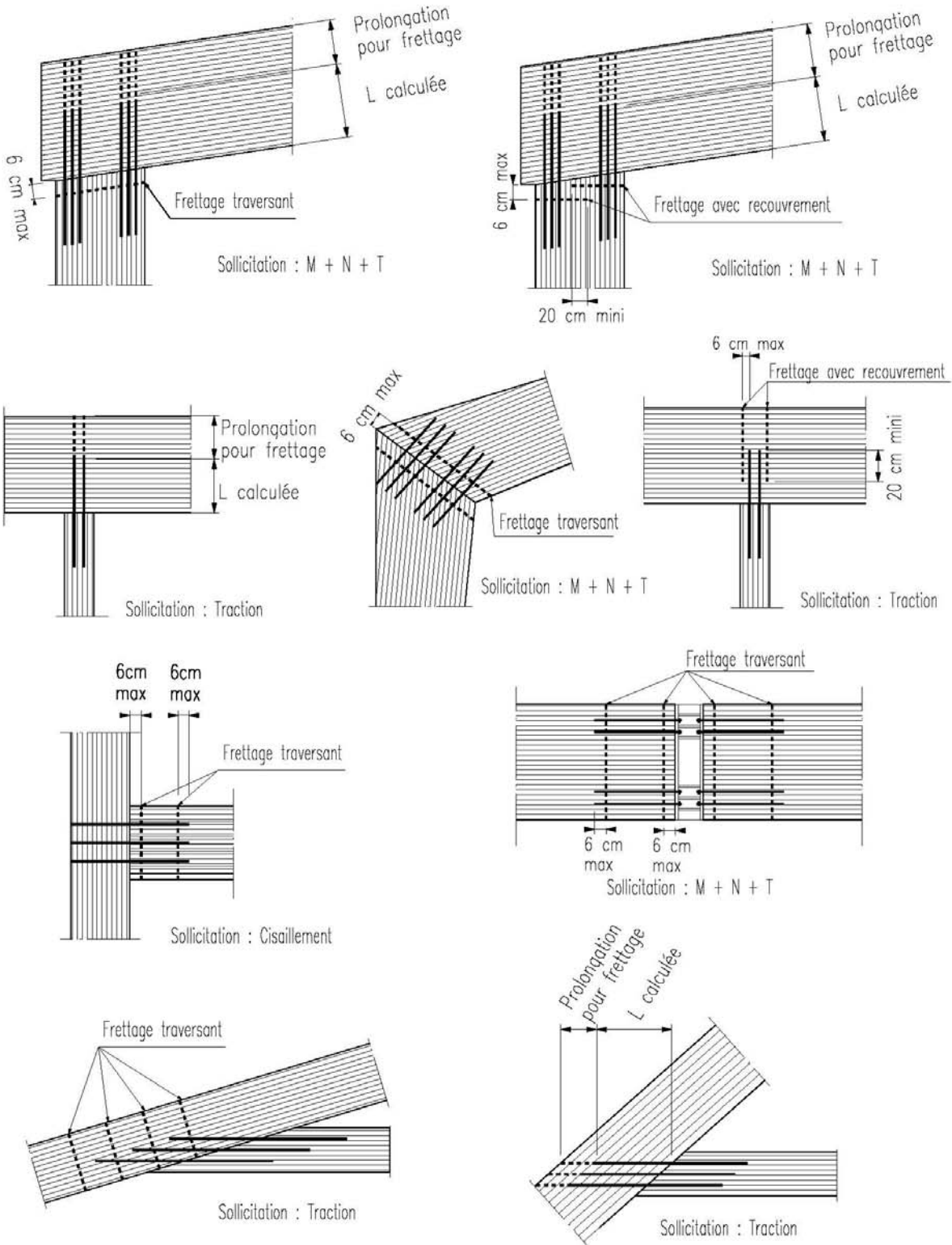
1. Pour chaque assemblage, choix d'une disposition d'assemblage : diamètre des goujons utilisés, classe d'acier des tiges (§ 3.3 du dossier technique), longueur de scellement de ces goujons, disposition géométrique de ces goujons (distances minimales entre axes et distances au bord selon § 6.2 du dossier 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 ( $\gamma_b = 1,3$  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  $n_{\text{ef}}$  (§ 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 fretage à mettre en œuvre (§ 6.8 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  $p_i$  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.

# Figure du Dossier Technique

## PRINCIPE DE FRETAGE



## EXEMPLES DE LIAISON AVEC BETON OU ACIER

