

# Dossier Technique



Assemblages

	Référence	Date
Emission initiale	DT/ASS/2006.446.1197	Juillet 2007
Révision	DT/ASS/2006.446.1197/B	Juillet 2008

# TECNARIA<sup>®</sup>

## Tecnaria Spa

Viale Pecori Giraldi,55  
36061 Bassano del Grappa (VI)

Identification du produit :

## Connecteurs pour planchers mixtes bois - béton

Ce dossier correspond à une évaluation selon l'échantillonnage utilisé dans les rapports d'essais et les documents fournis. Il ne constitue pas une certification de produit.



INSTITUT  
TECHNOLOGIQUE

Dossier suivi par Laurent Le Magorou

☎ : 05.56.43.63.20

📠 : 05.56.43.64.86

**Préambule :**

Le Dossier Technique correspond à une évaluation du système à une date donnée à partir de l'échantillonnage utilisé dans les rapports d'essais, les documents fournis et les textes réglementaires applicables en France.

Ce Dossier Technique ne constitue pas une certification de produit au sens de la loi du 3 juin 1994 du fait notamment de l'absence de contrôles réguliers, par l'Institut Technologique FCBA, de la qualité des produits commercialisés.

**Exploitation commerciale :**

L'utilisation du logo de l'Institut Technologique FCBA est proscrite dans tout document publicitaire de l'entreprise sans autorisation préalable de l'Institut Technologique FCBA. Le Dossier Technique ne peut être dupliqué ou communiqué que sous sa forme intégrale.

La remise d'un Dossier Technique ne préjuge pas de la conformité intégrale du produit évalué.

Le chapitre « Synthèse de l'évaluation » présente les conclusions de l'évaluation.

PROJET

## SOMMAIRE

1	REFERENCES NORMATIVES, REGLEMENTAIRES OU AUTRES.....	4
2	DESCRIPTION PRODUIT ET DOMAINE D'EMPLOI .....	5
2.1	Description .....	5
2.1.1	Connecteurs.....	5
2.1.2	Poutres et Solives .....	6
2.1.3	Béton.....	6
2.1.4	Présence d'un platelage existant .....	6
2.2	Domaine d'emploi.....	6
3	EVALUATION.....	8
3.1	Résistance et rigidité des assemblages par connecteurs Tecnaria.....	8
3.1.1	Essais sur les connecteurs .....	8
3.1.2	Valeurs de calcul des connecteurs .....	8
3.1.3	Vérification du plancher mixte bois – béton .....	10
3.2	Propriété d'isolation acoustique .....	11
3.3	Propriété d'isolation thermique.....	11
3.4	Propriété pare - vapeur .....	11
3.5	Résistance au feu – Vérification en situation d'incendie .....	11
3.6	Vérification en situation de seisme.....	12
3.7	Emission de substances dangereuses.....	12
4	SYNTHESE DE L'ÉVALUATION.....	13

## ANNEXE

A.	Détermination des valeurs de résistance des connecteurs.....	15
A.1	Méthode d'interprétation.....	15
A.1.1	Résistance caractéristique au sens de l'Eurocode 5 .....	15
A.1.2	Module de glissement .....	16
A.2	Synthèse des résultats .....	17
A.2.1	Résultats expérimentaux .....	17
A.2.2	Exploitation.....	20
B.	Calcul des efforts admissibles .....	22
C.	Exemple de méthode de calcul d'un plancher mixte bois - béton.....	23

---

## 1 REFERENCES NORMATIVES, REGLEMENTAIRES OU AUTRES

---

Ce Dossier Technique fait référence aux documents suivants (liste non exhaustive) :

**EN 26891 (août 1991)**

Structures en bois - Assemblages réalisés avec des éléments mécaniques de fixation - Principes généraux pour la détermination des caractéristiques de résistance et de déformation.

**EN 28970 (août 1991)**

Structures en bois - Essai des assemblages réalisés par organes mécaniques - Exigences concernant la masse volumique du bois.

**NF EN 14358 (avril 2007)**

Bois de structure – Détermination des valeurs correspondant au fractile à 5 % d'exclusion inférieure et critères d'acceptation pour un échantillon

**NF EN 1990 (mars 2003)**

Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures

**NF EN 1990/NA (juin 2004)**

Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures – Annexe nationale à la NF EN 1990

**NF EN 1995-1-1 (novembre 2005)**

Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois – Partie 1-1 : Généralités – Règles communes et règles pour les bâtiments

**prNF EN 1995-1-1/NA (septembre 2006)**

Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois – Partie 1-1 : Généralités – Règles communes et règles pour les bâtiments - Annexe nationale à la NF EN 1995-1-1

**NF EN 1992-1-1 (octobre 2005)**

Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments

**NF EN 1993-1-1 (octobre 2005)**

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments

**NF EN 338 (septembre 2003)**

Bois de structure – Classes de résistance

**Rapport d'essais du CNR – Istituto per la Ricerca sul Legno (Firenze, Italia) (mars 2001)**

Relazione sulle prove eseguite su giunti misti legno-calcestruzzo realizzati con connettori tipo « Tecnaria connettore Base » e « Tecnaria connettore Maxi »

**Rapport d'interprétation de Studio Tecnico Associato (août 2003)**

**Rapport d'interprétation de Studio Tecnico Associato révisé (mai 2008)**

## 2 DESCRIPTION PRODUIT ET DOMAINE D'EMPLOI

### 2.1 DESCRIPTION

#### 2.1.1 Connecteurs

La société Tecnaria fabrique et commercialise des connecteurs utilisés pour la mise en œuvre de planchers mixte bois - béton. Ces connecteurs existent en version « Base » et « Maxi ».

Les connecteurs « Base » sont composés d'une plaque de base de 50 x 50 x 4 mm, modelée à crampons, ayant deux trous pour l'introduction de deux vis ou tire-fonds de 8 mm de diamètre avec sous tête tronconique, et d'un ergot en acier zingué de 12 mm de diamètre, assemblé à la plaque par calquage à froid. Les hauteurs d'ergot disponibles sont 30, 40, 60, 70, 80, 105, 125, 150, 175 et 200 mm associées à des longueurs de vis de 70, 100 et 120 mm.

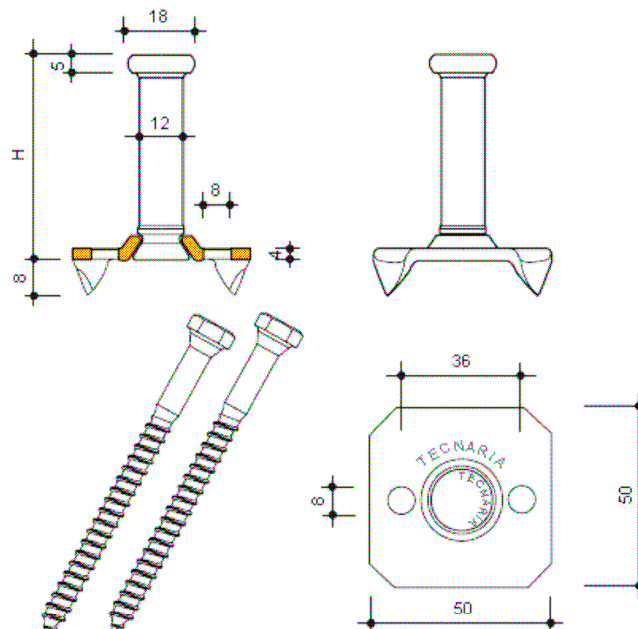


Figure 1 : Connecteur « Base » de 50x50 mm, vis  $\varnothing$  8 mm

Les connecteurs « Maxi » sont composés d'une plaque de base de 75 x 50 x 4 mm, modelée à crampons, ayant deux trous pour l'introduction de deux vis ou tire-fonds de 10 mm de diamètre avec sous tête tronconique, et d'un ergot en acier zingué de 12 mm de diamètre, assemblé à la plaque par calquage à froid. Les hauteurs d'ergot disponibles sont 30, 40, 60, 70, 80, 105, 125, 150, 175 et 200 mm associées à des longueurs de vis de 100, 120 et 140 mm.

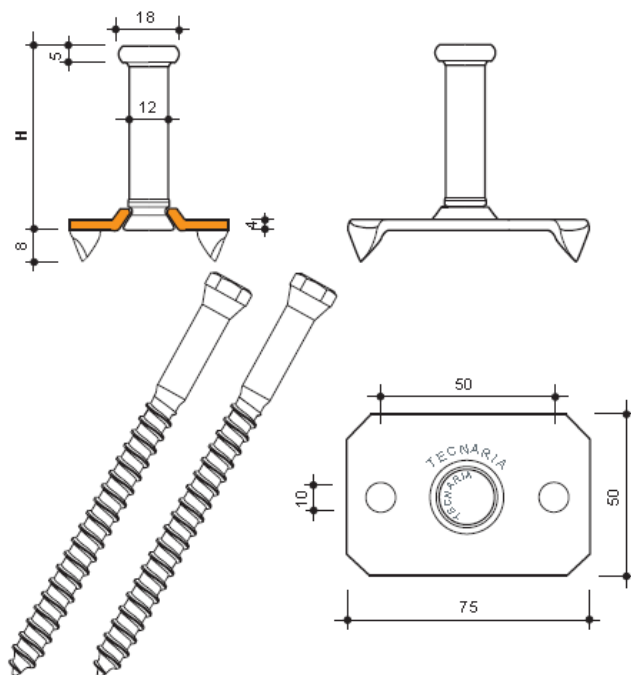


Figure 2 : Connecteur « Maxi » de 75x50 mm, vis  $\varnothing$  10 mm

### 2.1.2 Poutres et Solives

Les poutres et solives entrant dans la conception des planchers et destinées à recevoir les connecteurs doivent être :

- en bois massif résineux de qualité C16 minimum selon NF EN 338
- ou feuillus de qualité D35 minimum selon NF EN 338
- ou bois lamellé collé de qualité GL24 minimum selon NF EN 1194

### 2.1.3 Béton

Le béton est conforme à EN 1992 et son annexe nationale. La classe de résistance minimum est C20/25 selon NF EN 206.

### 2.1.4 Présence d'un platelage existant

Dans le cas d'une rénovation, il est possible de laisser le platelage existant et de fixer les connecteurs directement sur le plancher au droit des solives ou poutres. Dans ce cas, l'épaisseur du platelage n'excédera pas 4 cm.

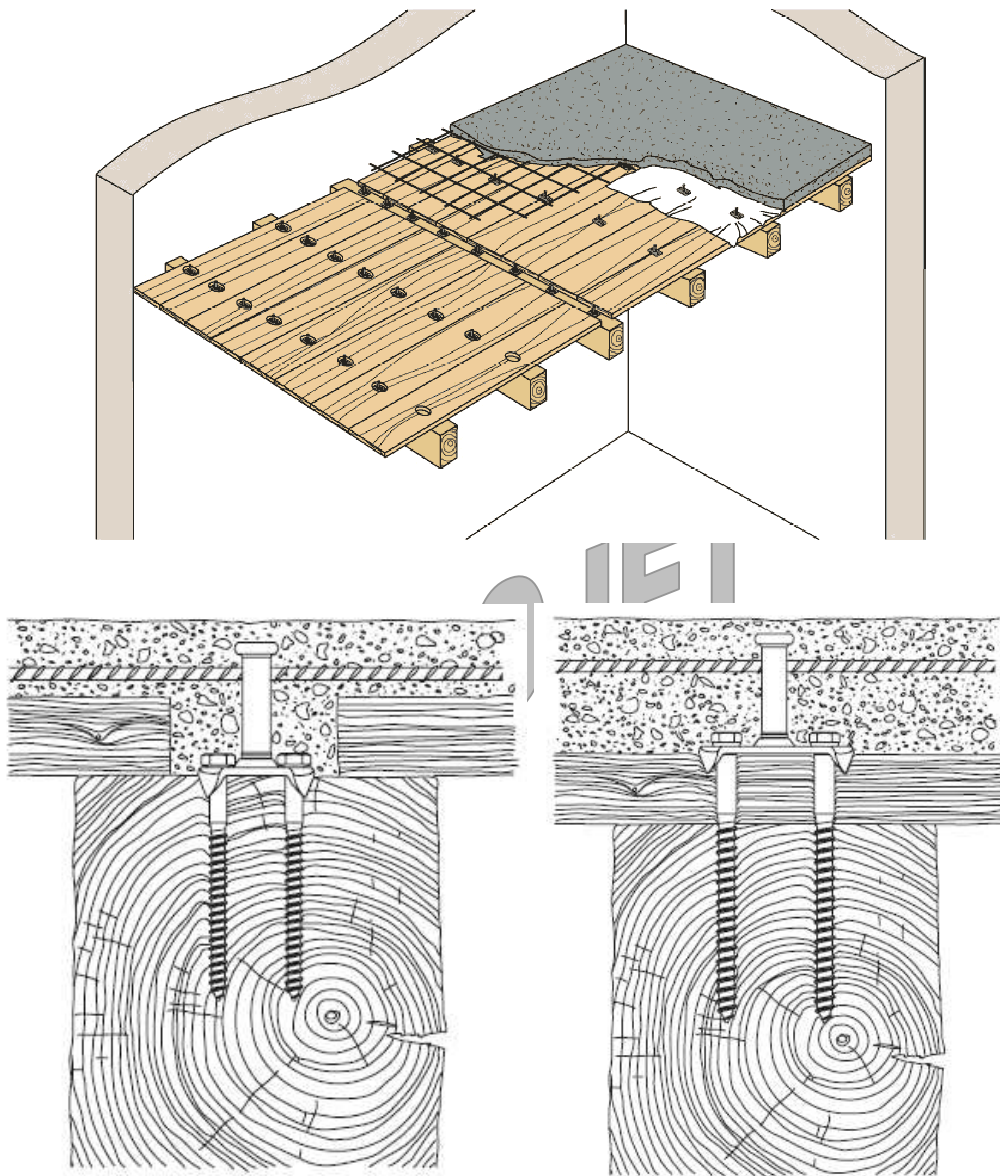
## 2.2 DOMAINE D'EMPLOI

Ces connecteurs sont utilisés pour la mise en œuvre de planchers mixte bois – béton. Ils assurent la transmission d'efforts de cisaillement entre la dalle béton en compression et les solives en bois en traction.

Sauf justification contraire, ces connecteurs sont utilisés :

- en classe de service 1 et 2 au sens de l'Eurocode 5,
- en construction neuve ou rénovation.

La largeur des éléments en bois devra permettre de respecter les distances aux rives des tire-fonds conformément à l'Eurocode 5, soit  $3.d$ . Dans le cas d'une utilisation en rénovation, on devra s'assurer de l'état sanitaire des bois. On vérifiera notamment que les bois peuvent être classés C16 au minimum. Les exigences de dimensions s'appliquent à la section résiduelle saine. Si ces conditions ne peuvent pas être satisfaites, on devra procéder au remplacement des éléments concernés. Il conviendra alors de s'assurer que l'humidité des bois mis en œuvre est proche des bois déjà en œuvre.



*Figure 3 : Mise en œuvre des connecteurs*

Ces connecteurs permettent de renforcer et de raidir des planchers existants dans le cadre d'une rénovation. Ils sont également utilisés lors de la conception de planchers neufs en bois pour permettre de réduire la hauteur de plancher à résistance et rigidité équivalentes.

Dans les deux cas, la dalle mince en béton est coulée sur place, correctement armée et connectée. Pour la pose, on se reporte aux recommandations du fabricant Tecnaria.

La note de calcul est conforme aux règles Eurocodes 0, 1, 2 et 5 et leurs annexes françaises.

---

## 3 EVALUATION

---

### 3.1 RESISTANCE ET RIGIDITE DES ASSEMBLAGES PAR CONNECTEURS TECNARIA

#### 3.1.1 Essais sur les connecteurs

La résistance et la rigidité des connexions bois – béton ont été évaluées par essais menés par le CNR de Florence (Institut pour la Recherche sur le Bois) sur des éléments bois – béton connectés. Cette approche de « design by testing » est conforme aux exigences de l'Eurocode.

Les détails du protocole d'essais et l'ensemble des résultats sont présentés dans le rapport d'essais « Relazione sulle prove eseguite su giunti misti legno-calcestruzzo realizzati con connettori tipo « Tecnaria connettore Base » e « Tecnaria connettore Maxi » du 26 mars 2001 établi par le CNR – Istituto per la Ricerca sul Legno (Firenze, Italia).

L'ensemble des essais ont été réalisés sur les connecteurs « Base » et « Maxi » avec différentes épaisseurs de platelage et différentes classe de bois résineux et feuillus. Cet échantillonnage permet de couvrir par essais les configurations suivantes :

- Connecteurs « Base » et « Maxi »
- Epaisseurs de platelage (entre connecteur et support bois) de 4 cm maximum
- Classe mécanique du bois :
  - Résineux : C16 à C30
  - Feuillus : D35 à D50

L'ensemble du protocole d'essais est conforme aux Eurocodes et à la réglementation en vigueur en France.

#### 3.1.2 Valeurs de calcul des connecteurs

##### 3.1.2.1 Valeurs pour un calcul selon l'Eurocode 5

Ce paragraphe reporte les résistances caractéristiques et les modules de glissement des connecteurs permettant un calcul conforme aux règlements Eurocodes. Ces valeurs ont été déterminées à partir des essais réalisés par le CNR – Istituto per la Ricerca sul Legno (Firenze, Italia) sur les connecteurs « Base » et « Maxi ». La méthode de calcul (présentée en annexe A) ainsi que cette approche de « design by testing » sont conformes aux exigences de l'Eurocode.

Le Tableau ci-dessous donne :

$F_{v,Rk}$	Résistance caractéristique d'un connecteur en kN
$K_{ser}$	Module de glissement pour l'Etat Limite de Service en kN/mm
$K_u$	Module de glissement pour l'Etat Limite Ultime en kN/mm

Pour simplifier le nombre de valeurs caractéristiques utilisables, l'ensemble des valeurs a été ramené à la classe mécanique C16 pour les résineux et D30 pour les feuillus.

L'exploitation des résultats d'essais selon la méthodologie présentée en A.1.1 et A.1.2 permet d'établir les valeurs suivantes (exprimées avec 3 chiffres significatifs, soit 1%) :

Connecteur	Platelage	Bois	$F_{v,Rk}$	$K_{ser}$	$K_u$
			kN	kN/mm	kN/mm
BASE	sans	C16 et +	17,2	17,9	9,99
		D30 et +	19,5	16,5	9,87
	20mm	C16 et +	8,96	4,00	2,49
		D30 et +			
	40mm	C16 et +	5,86	1,43	1,20
		D30 et +			
MAXI	sans	C16 et +	19,3	18,6	10,4
		D30 et +	24,5	21,2	13,6
	20mm	C16 et +	15,0	7,68	4,35
		D30 et +			
	40mm	C16 et +	11,3	3,06	2,66
		D30 et +			

Tableau 1 : Valeurs pour un calcul selon Eurocode

### 3.1.2.2 Valeurs pour un calcul selon les règles CB71

A titre d'information, ce paragraphe reporte les efforts admissibles et les modules de glissement des connecteurs permettant un calcul conforme aux règles CB71. Ces valeurs ont été déterminées à partir des valeurs caractéristiques et de la méthode de calcul présentée en annexe de la norme NF P 21-400 (présentée en annexe B). Le Tableau ci-dessous donne :

$F_{adm}$  Effort admissible sur un connecteur en daN  
 $K_{ser}$  Module de glissement pour la combinaison de 1<sup>er</sup> genre en kN/mm

Connecteur	Platelage	Bois	$F_{v,Rk}$	$K_{ser}$
			kN	kN/mm
BASE	sans	C16 et +	756	17,9
		D30 et +	858	16,5
	20mm	C16 et +	394	4,00
		D30 et +		
	40mm	C16 et +	257	1,43
		D30 et +		
MAXI	sans	C16 et +	847	18,6
		D30 et +	1080	21,2
	20mm	C16 et +	660	7,68
		D30 et +		
	40mm	C16 et +	496	3,06
		D30 et +		

Tableau 2 : Valeurs pour un calcul selon les règles CB71

### 3.1.3 Vérification du plancher mixte bois – béton

La vérification du plancher mixte bois – béton est menée conformément aux règles Eurocodes. La société Tecnaría a développé un logiciel de calcul. Pour la France, on doit satisfaire les exigences suivantes :

#### 3.1.3.1 Hypothèses

Pour la vérification du plancher, on utilise les hypothèses suivantes :

- Caractéristiques du béton selon NF EN 1992-1-1 (Eurocode 2) et son annexe nationale de classe mécanique minimum C20/25 selon EN 206
- Caractéristiques du bois massif selon NF EN 338 de classe mécanique minimum C16 pour les résineux et D30 pour les feuillus
- Caractéristiques du bois lamellé collé selon NF EN 1194 de classe mécanique minimum GL24
- Actions d'exploitation sur le plancher selon NF EN 1991-1-1 (Eurocode 1) et son annexe nationale
- Combinaisons d'actions selon NF EN 1990 (Eurocode 0) et son annexe nationale
- Vérification de la dalle béton selon NF EN 1992-1-1 (Eurocode 2) et son annexe nationale
- Vérification des solives bois selon NF EN 1995-1 (Eurocode 5) et son annexe nationale

#### 3.1.3.2 Méthode de calcul

La détermination des efforts de cisaillements dans les connecteurs et des contraintes dans le bois et le béton utilise la méthode de calcul conforme à l'annexe B de NF EN 1995-1-1 (donnée en annexe C).

#### 3.1.3.3 Valeurs limites pour la France

Pour la France et conformément à l'annexe nationale de NF EN 1995-1-1, les valeurs limites de flèche (de type  $\delta_1$  selon NF EN 1990) sont :

- Flèche instantanée limite  $w_{inst}(Q) = l/300$
- Flèche finale limite  $w_{net,fin} = l/200$

Où

$w_{inst}(Q)$  part de la flèche instantanée due aux actions variables seules  
 $w_{net,fin}$  flèche finale due à toutes les actions en tenant compte du fluage

Dans le cas de la mise en œuvre d'un revêtement ayant des exigences de flèches limites plus faibles, notées  $w_2$ , on doit vérifier que :

$$w_{net,fin} - w_{inst}(G) \leq w_2$$

où

$w_{inst}(G)$  part de la flèche instantanée due aux actions permanentes seules  
 $w_2$  flèche limites imposées par les référentiels concernés (DTU, avis techniques...)

Pour les autres pays, on se reportera à son annexe nationale.

La vérification aux vibrations peut-être menée selon la procédure décrite dans la norme NE EN 1995-1-1.

### 3.2 PROPRIETE D'ISOLATION ACOUSTIQUE

Cette propriété n'a pas été évaluée dans le cadre de ce Dossier Technique.

### 3.3 PROPRIETE D'ISOLATION THERMIQUE

Cette propriété n'a pas été évaluée dans le cadre de ce Dossier Technique. On notera que la Réglementation Thermique (RT2005) n'impose pas de performance sauf dans le cas des planchers bas (sur vide sanitaire). Dans ce cas, on pourra déterminer le coefficient d'isolation thermique U du plancher conformément aux règles Th-U avec les propriétés des matériaux données dans NF EN 12524.

### 3.4 PROPRIETE PARE - VAPEUR

Cette propriété n'a pas été évaluée dans le cadre de ce Dossier Technique.

### 3.5 RESISTANCE AU FEU – VERIFICATION EN SITUATION D'INCENDIE

La vérification du plancher mixte bois – béton en situation incendie est menée conformément aux règles Eurocodes :

- Vérification de la dalle béton selon NF EN 1992-1-2 et son annexe nationale
- Vérification des solives bois selon NF EN 1995-1-2 et son annexe nationale

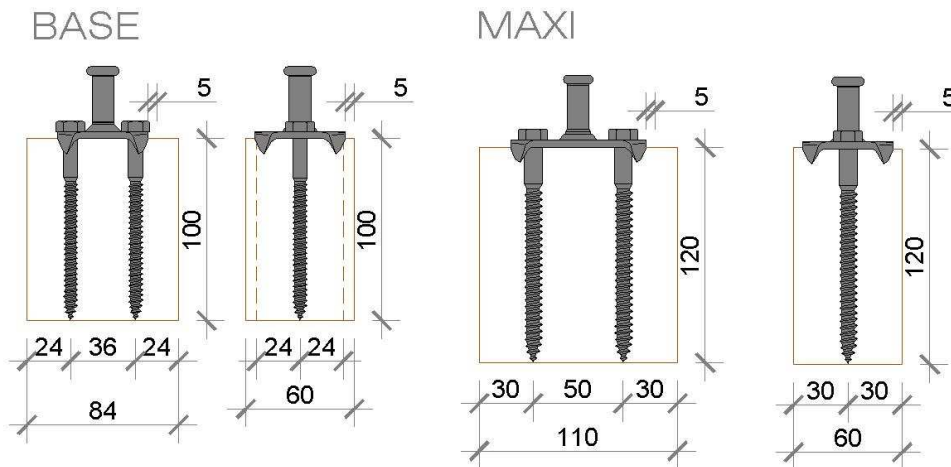
Concernant la dalle en béton, la méthode de la section réduite (NF EN 1992-1-2/NA, Annexe B) est applicable. Cette méthode consiste en une vérification de la section de béton résistante sur la base de la partie qui ne dépasse pas 500°C. Cette vérification est réalisable en appliquant les tables de l'Annexe A pour les dalles collaborantes exposées. La partie résistante de la dalle sera améliorée par l'apport de protection du fait de la présence du platelage (la plupart des cas en fait).

Pour ce qui concerne la présence des armatures métalliques et de l'ergot du connecteur dans le béton, au titre de précaution supplémentaire, il est possible de prendre en compte la réduction de résistance exposée au chapitre 5.7.

Concernant les solives en bois, on appliquera la méthode A (méthode de la section réduite) sous l'hypothèse de trois faces exposées au feu et excluant de fait, l'arase supérieure de la poutre, protégée par le béton.

La résistance caractéristique et la rigidité des connecteurs restent inchangées tant que le connecteur reste à l'intérieur de la masse de bois non carbonisée et que les distances par rapport aux extrémités sont maintenues conformément à NF EN 1995-1-2 et son annexe nationale.

Dans les schémas suivants, les dimensions rapportées sont celles minimum pour les sections réduites pour les connecteurs de type Base et Maxi, posés avec les vis alignées le long du fil du bois. Lorsque la section est inférieure par rapport aux dimensions indiquées, la résistance et rigidité du connecteur sont nulles.



### 3.6 VERIFICATION EN SITUATION DE SEISME

La vérification du plancher mixte bois – béton en situation de séisme est menée conformément aux règles Eurocodes 8 - NF EN 1998-1-1 et son annexe nationale.

La dalle béton doit être entièrement connectée aux murs en périphérie conformément aux recommandations de NF EN 1998-1-1 et son annexe nationale. De fait, on peut faire l'hypothèse que les actions sismiques horizontales sont reportées exclusivement sur la dalle de béton (qui fonctionne comme une plaque).

La résistance, la rigidité et la ductilité du connecteur ne sont pas pris en compte dans la vérification des actions sismiques et son comportement n'a pas d'influence sur le comportement sismique de l'édifice. Par contre, l'action sismique verticale intéresse le plancher mixte et, par conséquent, les connecteurs.

Dans le cas où les données de résultats d'essais de ductilité ne seraient disponibles il est nécessaire, à titre conservateur, de prendre en compte le plancher mixte comme structure ayant un niveau de ductilité faible et adopter le coefficient de comportement  $q = 1,5$ .

### 3.7 EMISSION DE SUBSTANCES DANGEREUSES

L'ensemble du système de contient pas de matériau susceptible d'émettre une substance dangereuse.

---

## 4 SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION

---

La société Tecnaria fabrique et commercialise des connecteurs pour plancher mixte bois - béton utilisés pour la mise en œuvre de planchers mixte bois - béton. Ces connecteurs existent en version « Base » et « Maxi ».

Le CTBA a procédé à une évaluation du procédé sur la base des documents fournis par la société Tecnaria (rapport d'essais, d'interprétation, documents techniques, ...) et de l'ensemble des règlements applicables en France.

Cette évaluation fait apparaître que :

Sauf justification contraire, ces connecteurs sont utilisables :

- en classe de service 1 et 2 au sens de l'Eurocode 5,
- en construction neuve ou rénovation.

La note de calcul est conforme aux règles Eurocodes 0, 1, 2 et 5 et leurs annexes françaises.

La résistance et la rigidité des connexions bois – béton ont été évaluées par essais menés par le CNR de Florence (Institut pour la Recherche sur le Bois) sur des éléments bois – béton connectés. Cette approche de « design by testing » est conforme aux exigences de l'Eurocode.

Pour la France, les valeurs maximales de résistance et de raideur sont données au paragraphe 3.1.2 et les valeurs de flèches limites au paragraphe 3.1.3.3.

**Laurent Le Magorou**

Pour le CTBA

**Serge Le Nevé**

**Ingénieur Construction**  
Assemblages

**Responsable CIAT**

ANNEXES  
PROJET

## A. DETERMINATION DES VALEURS DE RESISTANCE DES CONNECTEURS

La résistance et la rigidité des connexions bois – béton ont été évaluées par essais sur des éléments bois – béton connectés. Cette approche de « design by testing » est conforme aux exigences de l'Eurocode.

L'ensemble du protocole d'essais et des résultats est présenté dans le rapport d'essais du CNR – Istituto per la Ricerca sul Legno (Firenze, Italia) :

Relazione sulle prove eseguite su giunti misti legno-calcestruzzo realizzati con connettori tipo « Tecnaria connettore Base » e « Tecnaria connettore Maxi » (mars 2001)

L'analyse et l'interprétation des résultats d'essais présentés ici permettent de déterminer :

- une capacité résistante caractéristique au sens de l'Eurocode 5,
- un module de glissement au sens de l'Eurocode 5.

### A.1 METHODE D'INTERPRETATION

#### A.1.1 Résistance caractéristique au sens de l'Eurocode 5

La résistance caractéristique,  $F_{v,Rk}$ , est définie comme étant la valeur caractéristique correspondant au fractile à 5% pour un niveau de confiance de 75%. Elle est calculée conformément à la norme EN 14358 à partir de résultats d'essais.

La méthodologie définie ci-dessous nous permet d'extraire les valeurs caractéristiques correspondant au fractile de 5 % avec un niveau de confiance de 75 % selon EN 14358 : 2007.

- Correction de la densité relative à l'humidité (épreuve par épreuve) à volume constant selon EN 384 :

$$\varphi_{12} = \varphi_{hr} \cdot (1 + 0,005 \cdot (12 - h_r))$$

avec  $\varphi_{12}$  masse volumique à 12 %HR  
 $\varphi_{hr}$  masse volumique mesurée à  $h_r$  %HR  
 $h_r$  humidité mesurée de l'éprouvette (%HR)

- Correction relative à la masse volumique (épreuve par épreuve) selon NF EN 28970 méthode 2 :

$$F_{\max,c} = F_{\max} \left( \frac{\varphi_k}{\varphi_{12}} \right)^c$$

avec  $\varphi_k$  masse volumique caractéristique à 12 %HR (selon EN 338)  
 $F_{\max}$  Force maximale atteinte avant rupture ou 15 mm de glissement  
 $F_{\max,c}$  Force maximale corrigée  
 $c$  coefficient forfaitaire pris égal à 0,5 usuellement pour le bois

- Prise en compte de la variabilité de l'assemblage selon NF EN 14358 :

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln F_{\max,c,i}$$

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln F_{\max,c,i} - \bar{y})^2}$$

Le coefficient de variation des  $F_{\max,c,i}$  ne peut pas être inférieur à 0,05 (5%). Dans ce cas, l'écart-type des variables stochastiques,  $s_y$ , ne peut être pris inférieur à 0,05.

$$F_{v,Rk} = \text{Exp}(\bar{y} - k_s s_y)$$

avec

$n$	$k_s$
3	3,15
5	2,46
9	2,172
15	1,99

### A.1.2 Module de glissement

La méthodologie définie ci-dessous nous permet d'extraire le module de glissement  $K_{ser}$  :

- Correction de la densité relative à l'humidité (éprouvette par éprouvette) à volume constant selon EN 384 :

$$\varphi_{12} = \varphi_{hr} (1 + 0,005(12 - h_r))$$

avec  $\varphi_{12}$  masse volumique à 12 %HR  
 $\varphi_{hr}$  masse volumique mesurée à  $h_r$  %HR  
 $h_r$  humidité mesurée de l'éprouvette (%HR)

- Correction relative à la masse volumique (éprouvette par éprouvette) :

$$K_{ser,c,i} = K_{ser,i} \sqrt{\frac{\varphi_{moy}}{\varphi_{12}}}$$

avec  $\varphi_{moy}$  masse volumique moyenne à 12 %HR (selon NF EN 338)  
 $K_{ser,i}$  Module de glissement mesuré à 0,4.  $F_k$   
 $K_{ser,12,i}$  Module de glissement corrigé

- Calcul des modules de glissement  $K_{ser}$  (ELS) et  $K_u$  (ELU) conformément à NF EN 1995-1-1 :

$$K_{ser} = \text{moyenne}(K_{ser,12,i})$$

Le calcul de  $K_u$  suit la même démarche à partir de  $K_{u,i}$  mesuré à 0,6.  $F_k$ .

## A.2 SYNTHÈSE DES RESULTATS

### A.2.1 Résultats expérimentaux

Une synthèse des résultats d'essais est donnée dans les tableaux suivants. **Les valeurs de résistance sont données pour des éprouvettes contenant 2 connecteurs. Les modules de glissement correspondent à 1 connecteur.**

N°	$\varphi_{hr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	hr (%)	$F_{max}$ (N)	$K_{ser,1}$ (N/mm)	$K_{u,1}$ (N/mm)	Classe Bois
1	377,9	11,6	42390	21438	11258	C16
2	333,3	11,5	49430	19803	11622	
3	322,9	12	39410	12640	7358	
4	326,3	10,8	45420	19125	9641	
5	376	11,7	42000	16597	9232	
6	416,7	13,6	43270	13240	5848	C24
7	430,3	12,9	42640	17453	9347	
8	403,3	12,9	45520	20730	10895	
9	430,1	11,1	42250	17100	8752	
10	454,6	11,8	49820	10727	6285	
11	463,4	13,8	50500	22467	12680	C30
12	479,6	14,8	48840	17754	10748	
13	460,6	13,1	47180	27276	17354	
14	469,7	13,8	51230	19803	12656	
15	469,7	15	51570	26006	14519	

Tableau 3 : Connecteur "Base", sans platelage, support résineux

N°	$\varphi_{hr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	hr (%)	$F_{max}$ (N)	$K_{ser,1}$ (N/mm)	$K_{u,1}$ (N/mm)	Classe Bois
1	416	12,8	29750	3846	2644	C24
2	406,9	11,7	27980	7427	3216	
3	438,7	12	33610	2055	1854	
4	437,3	13	40830	5689	3623	
5	413,1	13,1	25930	2325	1943	

Tableau 4 : Connecteur "Base", platelage 2 cm, support résineux

N°	$\varphi_{hr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	hr (%)	$F_{max}$ (N)	$K_{ser,1}$ (N/mm)	$K_{u,1}$ (N/mm)	Classe Bois
1	424	13,5	24510	1304	1152	C24
2	440,3	14	22220	1851	1665	
3	435,9	14,1	21730	2148	1451	
4	434,2	14,2	18020	989	902	
5	412,2	13,2	22560	1385	1254	

Tableau 5 : Connecteur "Base", platelage 4 cm, support résineux

N°	$\varphi_{hr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	hr (%)	$F_{max}$ (N)	$K_{ser,1}$ (N/mm)	$K_{u,1}$ (N/mm)	Classe Bois
1	387,9	12,7	48160	23160	14089	C16
2	381,3	10,6	53530	26131	12841	
3	339,1	11,1	54360	18152	9613	
4	392,6	13,8	54460	30276	14745	
5	396	10,4	46450	30474	15750	
6	428,3	16,7	52110	12867	7598	C24
7	444,9	10,2	47520	18665	9976	
8	446,3	13,6	48890	9839	5643	
9	425,1	12,8	52210	11573	6840	
10	432,9	13	52690	11127	6836	
11	486,7	14,2	52210	15178	8725	C30
12	486,2	14,9	58270	25239	15098	
13	487,2	13,2	57340	34059	18997	
14	480,6	13,8	61880	15276	10751	
15	470,2	15,5	55480	16073	10109	

Tableau 6 : Connecteur "Maxi", sans platelage, support résineux

N°	$\varphi_{hr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	hr (%)	$F_{max}$ (N)	$K_{ser,1}$ (N/mm)	$K_{u,1}$ (N/mm)	Classe Bois
1	444,9	12	41810	5431	3520	C24
2	455,4	13	46980	11548	6204	
3	455,8	13,7	44450	12563	6406	
4	456,7	12,9	39030	4920	3095	
5	446,2	13	45230	7908	4768	

Tableau 7 : Connecteur "Maxi", platelage 2 cm, support résineux

N°	$\varphi_{hr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	hr (%)	$F_{max}$ (N)	$K_{ser,1}$ (N/mm)	$K_{u,1}$ (N/mm)	Classe Bois
1	409,1	13,8	39900	1863	1795	C24
2	418,9	16	29790	3510	3232	
3	456,7	13,5	39950	5136	4166	
4	451,9	13,1	43170	3095	2474	
5	403,2	12	33950	2857	2596	

Tableau 8 : Connecteur "Maxi", platelage 4 cm, support résineux

N°	$\varphi_{hr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	hr (%)	$F_{max}$ (N)	$K_{ser,1}$ (N/mm)	$K_{u,1}$ (N/mm)	Classe Bois
1	737	14,3	50510	9058	6414	D35
2	671,3	12,4	49480	13321	7031	
3	732,3	20,7	65250	16229	11732	
4	760,6	12,7	57680	23520	13539	D40
5	735,6	18,8	61150	26642	14720	
6	750,1	16,3	50450	18363	9254	
7	812,3	13,4	63110	22047	15327	D50
8	828,8	24,4	57820	20799	10245	
9	792,3	16,3	57480	9738	7379	

Tableau 9 : Connecteur "Base", sans platelage, support feuillus

N°	$\varphi_{hr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	hr (%)	$F_{max}$ (N)	Classe Bois
1	804,8	25,7	51140	D35
2	794,1	13,2	52600	
3	806,4	17,9	50790	

Tableau 10 : Connecteur "Base", platelage 2 cm, support feuillus

N°	$\varphi_{hr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	hr (%)	$F_{max}$ (N)	Classe Bois
1	828	14,5	25930	D35
2	804,1	11,9	19440	
3	844,7	25,7	22320	

Tableau 11 : Connecteur "Base", platelage 4 cm, support feuillus

N°	$\varphi_{hr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	hr (%)	$F_{max}$ (N)	$K_{ser,1}$ (N/mm)	$K_{u,1}$ (N/mm)	Classe Bois
1	752	25,7	32430	24826	14579	D35
2	764	16,3	35215	11479	7137	D40
3	762	22,1	35995	12206	9130	
4	784	25,6	32430	40896	26972	
5	794	25,4	33770	39892	24803	D50
6	800	15,6	33555	16696	11698	
7	792	13,9	30915	13535	7642	

Tableau 12 : Connecteur "Maxi", sans platelage, support feuillus

N°	$\varphi_{hr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	hr (%)	$F_{max}$ (N)	Classe Bois
1	815,8	25,6	55580	D35
2	792,2	18,6	52070	
3	805,8	17,8	47620	

Tableau 13 : Connecteur "Maxi", platelage 2 cm, support feuillus

N°	$\varphi_{hr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	hr (%)	$F_{max}$ (N)	Classe Bois
1	773,2	12	38000	D35
2	802,1	25,7	49430	
3	826,2	25,2	51180	

Tableau 14 : Connecteur "Maxi", platelage 4 cm, support feuillus

## A.2.2 Exploitation

On peut observer que, dans les configurations ayant la même épaisseur de platelage, il y a peu de différence de résistance en fonction de la classe mécanique des bois. Aussi, pour simplifier le nombre de valeurs caractéristiques utilisables, **nous traitons l'ensemble des valeurs ramenées à la classe mécanique C16 pour les résineux et D30 pour les feuillus.**

L'exploitation des résultats d'essais selon la méthodologie présentée en A.1.1 et A.1.2 permet d'établir les valeurs suivantes :

Connecteur	Platelage	Bois	$F_{v,Rk}$ kN	$K_{ser}$ kN/mm	$K_u$ kN/mm
BASE	sans	C16 et +	17,21	17851	9988
		D30 et +	19,51	16492	9867
	20mm	C16 et +	8,96	4010	2490
		D30 et +	18,21		
	40mm	C16 et +	6,92	1430	1197
		D30 et +	5,86		

Connecteur	Platelage	Bois	$F_{v,Rk}$ kN	$K_{ser}$ kN/mm	$K_u$ kN/mm
MAXI	sans	C16 et +	19,27	18558	10406
		D30 et +	24,50	21211	13555
	20mm	C16 et +	15,02	7683	4351
		D30 et +	16,40		
	40mm	C16 et +	11,41	3059	2656
		D30 et +	11,28		

Tableau 15 : Valeurs pour un calcul selon Eurocode

avec

$F_{v,Rk}$  Résistance caractéristique d'un connecteur en kN  
 $K_{ser}$  Module de glissement pour l'Etat Limite de Service en kN/mm  
 $K_u$  Module de glissement pour l'Etat Limite Ultime en kN/mm

Dans le cas particulier des configurations « platelage 20 mm » sur solives en feuillus, on note que la résistance caractéristique du connecteur MAXI est légèrement inférieure à celle du connecteur BASE. Ceci est dû au nombre d'essais réduits dont le traitement statistique conduit à un abattement important de la valeur moyenne. Aussi, pour la compréhension des résultats et de façon conservatrice, la valeur retenue pour les configurations avec platelage sera la plus faible des deux.

Cette approche nous conduit aux tableaux suivants (valeurs exprimées avec 3 chiffres significatifs, soit 1%) :

Connecteur	Platelage	Bois	$F_{v,Rk}$	$K_{ser}$	$K_u$
			kN	kN/mm	kN/mm
BASE	sans	C16 et +	17,2	17,9	9,99
		D30 et +	19,5	16,5	9,87
	20mm	C16 et +	8,96	4,00	2,49
		D30 et +			
	40mm	C16 et +	5,86	1,43	1,20
		D30 et +			
MAXI	sans	C16 et +	19,3	18,6	10,4
		D30 et +	24,5	21,2	13,6
	20mm	C16 et +	15,0	7,68	4,35
		D30 et +			
	40mm	C16 et +	11,3	3,06	2,66
		D30 et +			

Tableau 16 : Valeurs pour un calcul selon Eurocode

## B. CALCUL DES EFFORTS ADMISSIBLES

---

Conformément à la norme NF P 21-400, les efforts admissibles dans les connecteurs peuvent être déterminés à partir des résistances caractéristiques à partir de la relation suivante :

$$F_{adm} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_Q \cdot \gamma_M} \text{ en N}$$

Compte tenu du domaine d'emploi des planchers mixte bois – béton, nous avons :

- $\gamma_Q = 1,4$       coefficient de passage entre les combinaisons d'actions Eurocode et CB71 1<sup>er</sup> genre
- $\gamma_M = 1,3$       coefficient partiel pour les assemblages
- $k_{mod} = 0,8$     correspondant aux actions de moyen terme en classe de service 1 et 2

PROJET

### C. EXEMPLE DE METHODE DE CALCUL D'UN PLANCHER MIXTE BOIS - BETON

L'exemple de calcul de la résistance et de la rigidité d'un plancher mixte bois – béton donné ci-après est une méthode conforme à l'Eurocode 5. De fait, les valeurs issues de ce document permettent d'établir des notes de calcul selon les règles définies par les Eurocodes. Cependant, cette méthode est également utilisable pour un calcul selon les règles CB71. On exprimera les résistances en efforts admissibles.

Cette méthode est basée sur les hypothèses suivantes :

- le plancher mixte est uniformément chargé
- le plancher mixte est représenté par une juxtaposition de poutres reconstituées en T
- les poutres sont sur appuis simples
- le béton est entièrement sollicité, aussi, une armature métallique devra être calculée pour reprendre d'éventuels efforts de traction dans le béton (selon NF EN 1992-1-1)

La rigidité efficace en flexion, notée  $(EI)_{ef}$ , d'un élément de poutre en T doit être déterminée par :

$$(EI)_{ef} = E_p \cdot (I_p + \gamma_p \cdot S_p \cdot d_p^2) + E_b \cdot (I_b + S_b \cdot d_b^2)$$

avec :

$$\gamma_p = \frac{1}{1 + \pi^2 \frac{E_p \cdot S_p \cdot s_c}{K \cdot l^2}}$$
$$d_b = \frac{\gamma_p \cdot E_p \cdot S_p \cdot (h_p + h_b)}{2 \cdot (E_b \cdot S_b + \gamma_p \cdot E_p \cdot S_p)} \quad d_p = \frac{h_b + h_p}{2} - d_b$$

où :

- $E_b$  module d'élasticité du bois en N/mm<sup>2</sup>
- $E_p$  module d'élasticité de la dalle béton en N/mm<sup>2</sup>
- $I_b$  inertie de la solive bois en mm<sup>4</sup>
- $I_p$  inertie de la dalle béton en mm<sup>4</sup>
- $S_b$  section de la solive bois en mm<sup>2</sup>
- $S_p$  section de la dalle béton en mm<sup>2</sup>
- $K$  raideur apparente des connections bois / béton, soit  $K_{ser}$  pour ELS et  $K_u$  pour ELU
- $l$  portée entre appuis en mm
- $s_c$  espacement moyen des connections bois / béton en mm

Les contraintes dans le béton sont déterminées comme suit :

- Contrainte normale à l'axe médian :

$$\sigma_N = \frac{\gamma_p \cdot E_p \cdot M_f}{(EI)_{ef}} \cdot d_p$$

- Contrainte de compression sur la face supérieure :

$$\sigma_m = \frac{E_p \cdot M_f}{(EI)_{ef}} \left( \frac{h_p}{2} + \gamma_p \cdot d_p \right)$$

- Contrainte de traction sur la face inférieure :

$$\sigma_m = \frac{E_p \cdot M_f}{(EI)_{ef}} \left( \frac{h_p}{2} - \gamma_p \cdot d_p \right)$$

Les contraintes dans le bois sont déterminées comme suit :

- Contrainte normale à l'axe médian :

$$\sigma_N = \frac{E_b \cdot M_f}{(EI)_{ef}} \cdot d_b$$

- Contrainte de flexion (sur la face inférieure) :

$$\sigma_m = \frac{E_b \cdot M_f}{(EI)_{ef}} \left( \frac{h_b}{2} + d_b \right)$$

- Contrainte de cisaillement maximale :

$$\tau_{\max} = \frac{E_b \cdot h_b^2}{2 \cdot (EI)_{ef}} \cdot V$$

Les efforts de cisaillement induits sur les connecteurs sont déterminés comme suit :

$$F_{v,Ed} = \frac{\gamma_p \cdot E_p \cdot S_p \cdot d_p \cdot s_c}{(EI)_{ef}} \cdot V$$