

Avis Technique 3/05-450

Annule et remplace l'Avis technique 3/02-367

Plancher mixte bois-béton

*Composite
wood-concrete floor*

SBB

Titulaire : CERT Structure

Distributeur : Société REPPÉL
6, Avenue Charles-de-Gaulle
78150 Le Chesnay
Tél.: 01 39 43 06 18
Téléfax: 01 39 54 49 80
E-mail: reppel@wanadoo.fr
Internet: www.reppel.fr

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 2 décembre 1969)

Groupe Spécialisé n° 3
Structures, ossatures, planchers

Vu pour enregistrement le 6 février 2006



Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, F-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé n° 3 « Structures, planchers et autres composants structuraux » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques, a examiné le 20 octobre 2005 le procédé de plancher SBB présenté par la société CERT Structure. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis technique annule et remplace l'Avis Technique 3/02-367 qui visait ce même procédé.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Plancher mixte bois-béton associant des poutres en bois à une dalle de béton armé coulée en place. Cette dalle de béton est connectée aux poutres en bois au moyen de connecteurs métalliques

1.2 Identification

Les connecteurs métalliques, de type tire-fonds, sont identifiés par un marquage comportant les initiales BB sur la tête et, sur la partie visible de la collerette, les noms ARS et CERT, les deux derniers chiffres du millésime de fabrication et le modèle.

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).

2.1 Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne (métropole + Corse), hors zone sismique.

Le domaine d'emploi proposé (§1 de la description) est accepté par le Groupe Spécialisé n° 3, à savoir les utilisations dans les bâtiments d'habitation, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, pour la reprise de charges à caractère statique ou quasi-statique et modérée au sens de l'article B.2.1 des Règles BAEL 91.

Les utilisations sous charges pouvant entraîner des chocs ou des phénomènes de fatigue n'ont pas été étudiées dans le cadre du présent Avis. Il en est de même pour les planchers comportant des trémies ou des réservations de toute nature et de toute dimensions.

Seul le cas des travées isostatiques et sans porte-à-faux a été étudié.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.21 Aptitude à l'emploi

2.211 Stabilité

La résistance et la stabilité du procédé sont normalement assurées dans le domaine d'emploi accepté sous réserve des dispositions complémentaires données au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§2.3 ci-après).

2.212 Sécurité au feu

Lorsqu'un degré de stabilité au feu ou de coupe-feu est requis pour le plancher mixte, celui-ci doit être vérifié dans les conditions indiquées au § 2.313 du Cahier des prescriptions techniques particulières ci-après ou être justifié par un essai de résistance au feu effectué en application de l'arrêté du 03 août 1999 donnant lieu à un procès-verbal de classement.

2.213 Sécurité du travail sur chantier

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 réalisation des planchers. S'agissant du coffrage en bois ou en métal destiné à supporter le poids du béton frais en phase provisoire, il y a lieu de s'assurer que le fournisseur des plaques ou panneaux peut garantir une résistance de ceux-ci de 150 daN au minimum à un essai de poinçonnement flexion pratiqué en milieu de travée (à mi-distance des solives bois), au bord de la plaque ou du panneau. Dans le cas

contraire, des dispositions doivent être prises pour empêcher la circulation des intervenants sur le coffrage.

2.214 Isolation thermique

Ce plancher est par lui-même peu isolant et peut nécessiter des compléments en fonction du type de bâtiment et de son emplacement dans le bâtiment.

2.215 Isolation acoustique

Le plancher, seul ou complété par un plafond fixé directement sur la sous-face des poutres bois au moyen de pointes ou vis, ne permet pas de satisfaire, pour les épaisseurs de la dalle de béton coulée en place prévues dans le dossier technique, les exigences réglementaires en vigueur applicables en matière d'isolation acoustique dans les bâtiments d'habitation.

L'atteinte des critères d'isolation fixés par la réglementation nécessite donc la mise en œuvre d'ouvrages complémentaires, par exemple un plafond suspendu. L'efficacité du complexe ainsi constitué vis-à-vis de l'isolation acoustique dépend de la conception particulière du plafond et de sa suspension. Cette efficacité peut être jugée soit à partir d'essais, soit en se référant aux « Exemples de solutions » relatifs à la Nouvelle Réglementation Acoustique, et après s'être assuré que la fréquence de résonance de l'ensemble plancher et plafond suspendu rapporté est inférieure à 60 Hz.

Cette fréquence peut être calculée par la formule :

$$f_0 = 1 / 2 \pi [K (1/m_1 + 1/m_2)]^{0,5}$$

f_0 étant la fréquence de résonance en Hz

m_1 étant la masse, en kilogramme, d'un mètre carré de plancher brut

m_2 étant la masse, en kilogramme, d'un mètre carré de plafond rapporté

K étant le coefficient de raideur dynamique du dispositif de suspension du plafond ; il s'exprime en N/m et il correspond au rapport de la force, en N, à appliquer, au déplacement qui en résulte pour le dispositif de suspension, déplacement exprimé en m.

Ce coefficient K doit être rapporté à 1 m² de plancher.

Dans le cas particulier d'utilisation de suspentes très courtes et rigides, réalisées en fers plats fixés sur les faces latérales des poutres en bois (voir DTU 25.41 « Ouvrages en plaques de parement en plâtre »), on ne peut pas connaître avec précision le coefficient de raideur dynamique K , ni de ce fait, la fréquence de résonance f_0 . Dans ce cas, seul un essai permet de déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique de l'ensemble plancher et plafond suspendu rapporté.

2.22 Durabilité - Entretien

La durabilité du plancher est normalement assurée. La durabilité propre des poutres en bois est assurée moyennant le respect des conditions de préservation fixées dans les normes NF EN 335 et NF EN 350 .

2.23 Fabrication et contrôle

La fabrication des connecteurs est assurée exclusivement par la société ARS Industries à ARS sur MOSELLE (57). Le suivi de la production est assuré dans le cadre des procédures internes d'autocontrôle validées dans le cadre d'une certification ISO 9002.

2.3 Cahier des prescriptions techniques particulières

2.31 Conditions de conception et de calcul

2.311 Vérifications en phase définitive.

Les contraintes sur les fibres extrêmes du bois et du béton sont limitées à :

$1,3 \cdot C_h \cdot C_H \cdot \sigma_f$ pour le bois

$0,85 f_{cj} / 1,5$ pour le béton

avec :

σ_f : contrainte admissible du bois en flexion.

f_{cj} : résistance caractéristique du béton à la compression.

C_h : coefficient tenant compte de la hauteur de la section bois et défini à l'article 3,23-11 des règles CB 71.

C_H : coefficient tenant compte de l'humidité du bois en œuvre lorsqu'elle diffère de 15%, défini à l'article 3,13 des règles CB 71.

Les contraintes et déformations sont calculées en tenant compte de la contrainte due au retrait du béton agissant sur l'ensemble de la section du fait de la connexion et d'un glissement relatif à l'interface bois-béton de 1 mm au minimum.

Le « fléchissement actif », c'est à dire pouvant nuire aux cloisons maçonnées ou aux revêtements de sols rigides, ne doit pas dépasser :

- 1/500 de la portée si celle-ci est $\leq 5,0$ m
- $0,5 \text{ cm} + 1/500$ de la portée si celle-ci est supérieure à 5,0 m

Dans le cas de planchers n'ayant pas à supporter des cloisons maçonnées ou des revêtements de sols rigides, le fléchissement « actif » est limité conventionnellement aux valeurs suivantes :

- 1/350 de la portée si celle-ci est $\leq 3,50$ m
- $0,5 \text{ cm} + 1/700$ de la portée si celle-ci est supérieure à 3,50 m

2.312 Vérifications en phase provisoire.

La vérification de la sécurité en phase provisoire est effectuée sous l'action :

- d'une charge uniformément répartie représentant le poids propre du plancher pondéré par 1,35
- d'une charge ponctuelle P, pondérée par 1,5, placée au milieu de la portée libre L1, représentant l'action des charges de mise en œuvre

la charge ponctuelle P, en kN, est prise égale à :

$0,5 \cdot L1$ si $L1 \leq 6,0$ m

$1,5 + 0,25 \cdot L1$ si $L1 > 6,0$ m

avec L1 portée libre en phase de mise en œuvre en m.

La vérification en phase de mise en œuvre concerne uniquement les poutres en bois. La contrainte sur la fibre extrême du bois est limitée, dans ce cas, à $1,5 \sigma_f$.

2.313 Vérification en situation d'incendie.

En l'absence d'essai de résistance au feu, les vérifications suivantes doivent être effectuées :

Sans protection au feu :

Le degré de stabilité au feu du plancher est vérifié en considérant que les poutres en bois sont déconnectées de la dalle béton. Les poutres en bois peuvent être justifiées par application des règles du DTU Bois Feu 88 (P 92-703). La dalle béton peut être vérifiée par application des règles du DTU Feu Béton (P 92-701). Le degré coupe-feu est vérifié par application des règles du DTU Feu Béton pour la dalle de béton lorsque celle-ci constitue la totalité de l'isolement au feu. Le degré coupe-feu du plancher est subordonné à sa stabilité au feu pour un degré au moins égal.

Avec plafond de protection :

Le degré de résistance peut être justifié par la mise en œuvre d'un plafond contribuant à la résistance au feu du plancher protégé. Ce plafond doit être justifié par un procès-verbal de classement pour le degré de résistance au feu requis, pour la protection d'éléments structuraux en bois. Il doit être mis en œuvre selon la description de ce procès-verbal.

Autres protections incendie :

Leur convenance devra être examinée au cas par cas dans le cadre d'une appréciation de laboratoire agréée délivrée dans les conditions prévues à l'article 11 de l'arrêté du 3 août 1999.

2.314 Capacité résistante des connecteurs.

Les valeurs de résistance au cisaillement des 4 modèles de connecteurs, données dans les tableaux du dossier technique en fonction de leur diamètre et de l'essence de bois, sont à considérer dans le cas d'une utilisation en classe de service 2 et pour des charges de durée d'application moyenne.

Dans le cas d'utilisation dans une classe de service différente de la classe de service 2 et/ou pour une durée d'application des charges différente de la durée moyenne, la capacité résistante des connecteurs à prendre en compte dans les calculs doit être affectée d'un coefficient égal à :

$$\text{Min}(k_{\text{mod}} / 0,8 ; 1)$$

k_{mod} étant donné dans l'EUROCODE 5 en fonction de la classe de service et de la durée d'application de la charge.

Lorsque le coffrage recouvre intégralement les poutres (éventualité prévue au § 5.1 du dossier technique établi par le demandeur), il y a lieu de vérifier la capacité du connecteur sous l'effet additionnel du moment lié au décalage entre la face supérieure de la poutre en bois et la face inférieure de la dalle en béton. Dans ce cas, on s'assurera que sous la combinaison de charges à prendre en compte, la limite élastique de l'acier constitutif du connecteur n'est pas dépassée.

2.315 Répartition et espacement des connecteurs.

La répartition des connecteurs doit être déterminée en considérant successivement les deux zones suivantes :

- zones d'abouts de poutres sur une longueur égale au quart de la portée.
- zone centrale d'une longueur égale à la moitié de la portée.

Dans chacune de ces zones, les connecteurs doivent être répartis uniformément, et en nombre suffisant pour reprendre l'effort rasant global de la zone considérée.

L'espacement entre les connecteurs doit respecter les conditions précisées au paragraphe 4.1 du dossier technique établi par le demandeur.

2.316 Cloisons de distribution.

Lorsque la dalle en béton a une épaisseur de 5 cm, le poids des cloisons de distribution est limité à 1,0 kN/m (cloisons très légères au sens de la norme NF P 06-001).

Lorsque la dalle en béton a une épaisseur de 6 cm, le poids des cloisons de distribution est limité à 2,5 kN/m (cloisons légères au sens de la norme NF P 06-001).

Les cloisons d'un poids supérieur à 2,5 kN/m sont acceptées si l'épaisseur de la dalle en béton est supérieure ou égale à 7 cm et moyennant leur prise en compte dans le dimensionnement du plancher comme charges localisées situées dans la position la plus défavorable.

2.317 Transmission des charges aux appuis.

Dans le cas général où les poutres bois reposent sur les appuis du plancher, il y a lieu de vérifier que l'effort de compression agissant sur la poutre en bois ne dépasse pas sa contrainte admissible de compression transversale.

Dans le cas particulier où les poutres en bois ne sont pas prolongées jusqu'aux appuis (§ 5.3 du dossier technique établi par le demandeur), une attention particulière doit être portée à la vérification de la section de béton armé seule sous l'effet de l'effort tranchant dans les conditions prévues à l'article A.5.2 des règles de calcul BAEL 91).

2.318 Reprise de la flexion transversale.

La reprise des efforts de flexion transversale entre poutres bois parallèles doit être justifiée en tenant compte de la seule section de béton armé. En aucun cas le coffrage, qu'il soit constitué de planches de bois ou de bacs métalliques collaborant, ne peut être pris en compte dans les calculs.

2.32 Conditions de fabrication

Les spécificités du procédé n'imposent pas de conditions particulières de fabrication des poutres bois, autres que celles en usage pour la construction bois en général.

2.33 Conditions de mise en œuvre.

2.331 Cas particulier de la réhabilitation.

Lorsque le plancher mixte bois-béton est réalisé avec des poutres anciennes, ces dernières doivent faire l'objet d'un examen minutieux afin de déterminer leur état ainsi que les paramètres permettant les vérifications par le calcul. Il y a lieu notamment de :

- vérifier les sections résiduelles efficaces, par le biais d'une vérification d'intégrité biologique ;
- vérifier l'état de déformation et de fissuration ;
- identifier l'essence utilisée et la classe technologique conformément à la norme NF B 52-001 ;
- déterminer les valeurs caractéristiques des contraintes conformément à la norme NF EN 338 ;
- remplacer impérativement les poutres qui présenteraient des dégradations ou des moisissures, notamment sur leur face supérieure ou bien faire procéder à leur renforcement par des entreprises spécialisées dans ce type de travaux et au moyen de techniques de renforcement éprouvées ;
- tenir compte dans l'évaluation des charges du supplément d'épaisseur de la dalle de béton résultant de la déformation des poutres.

2.332 Mise en œuvre des connecteurs.

Compte tenu des particularités géométriques du connecteur CERT / ARS, particularités qui en font sa spécificité, la réalisation du perçage dans les poutres en bois doit être réalisé exclusivement avec la mèche décrite dans le dossier technique établi par le demandeur.

Dans le cas d'une mise en œuvre des connecteurs dans des poutres en bois ancien particulièrement dur, il est recommandé de réaliser un pré-trou de diamètre inférieur avant de réaliser le perçage du trou au moyen de la mèche spécifique.

Par ailleurs, le respect des distances minimales entre connecteurs et entre les connecteurs et le bord libre des poutres en bois (distances indiquées au § 4.1 du dossier technique) est une condition impérative permettant de s'affranchir des risques éventuels de fendage des poutres à la mise en œuvre ou en service. On notera en particulier que les connecteurs de diamètre nominal égal à 26 mm ne peuvent pas être mis en œuvre dans des poutres de largeur inférieure à 11 cm.

Après vissage du connecteur, il y a lieu de vérifier que les fentes longitudinales éventuelles créées par sa mise en place n'excèdent pas 1,5 cm de part et d'autre du trou.

2.333 Coulage de la dalle en béton.

Pour assurer une bonne répartition du béton sous la tête des connecteurs, le béton coulé en place doit avoir une consistance au moins plastique au sens de la norme NF P 18-305 (affaissement normalisé au cône d'Abrams supérieur à 5 cm). Sa mise en place nécessite une vibration à l'aiguille.

2.334 Contrôle sur chantier.

Les contrôles sur chantier doivent être menés en respectant au minimum les opérations prescrites dans la fiche d'autocontrôle élaborée par le bureau d'études CERT Structure et transmise par ses soins aux metteurs en œuvre du système.

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

5 ans, jusqu'au 31 octobre 2010

Pour le Groupe Spécialisé n° 3
Le Président

Jean-Pierre BRIN

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le plancher SBB appartient à la famille des planchers mixte bois-béton, dont le principe réside dans la réalisation d'une connexion entre une dalle en béton armé et des poutres en bois, l'objet de la connexion étant de bloquer le glissement longitudinal entre les deux matériaux pendant le fléchissement sous les charges.

La particularité du plancher mixte SBB tient à la nature des connecteurs, tire-fonds en acier vissés dans un avant-trou calibré. Ce mode de pose a amené le Groupe à examiner avec attention les risques de fendage éventuel lors de la mise en œuvre, fendage pouvant être causé par l'existence préalable d'une fente longitudinale, par un avant-trou de diamètre insuffisant ou bien encore par une distance au bord trop faible. L'Avis précise donc les précautions à prendre pour prévenir ce risque et notamment la nécessité d'un contrôle exhaustif, lors de la mise en œuvre, de l'absence de fente longitudinale de part et d'autre du connecteur après son vissage.

Par ailleurs, le Groupe a jugé opportun, s'agissant de la répartition des connecteurs, de s'en tenir aux méthodes pratiquées usuellement jusqu'à ce jour pour ce type de plancher et consistant à les répartir de manière uniforme respectivement dans les zones d'extrémité et en zone centrale.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 3

Ménad CHENAF

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. PRINCIPE ET DOMAINE D'EMPLOI PROPOSE

Le plancher mixte bois-béton SBB est un plancher qui associe des poutres en bois à une dalle en béton armé coulée en place. La liaison entre les poutres en bois et la dalle en béton est assurée par des connecteurs métalliques de type tire-fond à filet variable vissés dans les poutres en bois. Cette liaison permet de tenir compte de l'inertie de la section complète bois et table en béton associée pour justifier la résistance et les flèches du plancher.

Le plancher SBB peut être utilisé en réhabilitation (permettant une intervention uniquement par la face supérieure du plancher) ou en construction neuve (offrant la possibilité de mettre en place en atelier les connecteurs métalliques dans les poutres en bois), pour tout type de bâtiments (habitation, bureaux, Etablissements recevant du public), dont la structure porteuse verticale peut être en béton armé, en maçonnerie ou en bois.

Il est destiné à la reprise de charges statiques ou quasi statiques dans les conditions énoncées dans la norme NF P 06-001

L'utilisation du plancher mixte SBB est possible en classes de service 1, 2 et 3 et en classes de risque biologique 1 à 4.

La mise en œuvre des connecteurs peut être effectuée par toute entreprise de charpente ou de maçonnerie qualifiée moyennant une étude préalable et le respect des préconisations du bureau d'études CERT Structure.

2. DEFINITION DES MATERIAUX

2.1 Poutres en bois

Poutres en bois massif ou lamellé collé correspondant :

- aux classes de résistance C18, C22 ou C30 de la norme EN 338 pour les résineux et peupliers.
- aux classes de résistance GL24h, GL28h, GL32h et GL36h pour le lamellé-collé.
- aux classes de résistance D30 et D35 de la norme EN 338 pour le chêne et autres bois feuillus.

2.2 Connecteurs

Les connecteurs CERT / ARS sont en acier doux au carbone de limite à la rupture garantie de 350 MPa et de limite élastique de 200 MPa. Leur ductilité leur confère une capacité de pliage à 90° sans rupture.

Le coefficient d'affaiblissement de l'acier constitutif en fonction de la température $\varphi_s = \sigma(\theta) / \sigma_s$ est donné dans le tableau suivant :

θ (°C)	0	200	300	400
φ_s	1	0,81	0,7	0,5

2.3 Béton coulé en place

Béton de type BCN ou BCS conforme à la norme XP P 18-305 relative aux bétons prêts à l'emploi, de résistance caractéristique comprise dans la fourchette autorisée par les règles BAEL 91, de masse volumique comprise entre 1700 et 2400 kg/m³ ; béton de granulats normaux dont le diamètre est inférieur ou égal à 16 mm et fabriqué à base de ciment conformes à la norme NF P 15-301.

2.3 Résine de scellement

La résine de scellement BB FIX (CELLWORKS X500) est fournie par la société ARS INDUSTRIES. Elle comprend la résine proprement dite conditionnée en pots de 1 kg et son durcisseur en sachet. Elle est caractérisée par un retrait nul après polymérisation, un temps de prise

de 30 minutes à 25°C et une très bonne fluidité garantissant un remplissage optimal.

La mise en œuvre des connecteurs s'effectuant à sec, par simple vissage dans un avant-trou calibré, l'emploi de la résine ne s'effectue qu'en cas de doute sur l'état sanitaire des abouts de poutres (réhabilitation) ou de solives suspendues en rive (réhabilitation ou construction neuve). La résine améliore la capacité de résistance des connecteurs à l'arrachement.

3. DESCRIPTION DES COMPOSANTS

3.1 Poutres en bois

Les poutres en bois ont une largeur minimale de 7,5 cm (dans le cas de mise en œuvre de connecteurs de diamètre nominal 21 mm) et de 11 cm (dans le cas de mise en œuvre de connecteurs de diamètre nominal 26 mm) et une hauteur minimale de 12 cm

3.2 Connecteurs

Les connecteurs sont de type tire-fond, à filet variable, spécialement étudiés pour le procédé. Ils existent en deux diamètres (diamètre nominal 21 mm et 26 mm) et trois longueurs (longueur sous la tête de 150 mm, 170 mm et 250 mm) constituant une gamme de 4 connecteurs :

	Diamètre partie lisse	Longueur sous tête
	(mm)	(mm)
21-170	20 ± 0,5	170 ± 5
26-150	25 maxi.	150 ± 5
26-170	25 maxi.	170 ± 5
26-250	25 maxi.	250 ± 5

Les connecteurs sont munis d'une tête hexagonale permettant la mise en œuvre au moyen d'une clé standard à six pans, d'un filet variable en profondeur et en épaisseur, et d'un collet épaissi dans la partie sous tête permettant de vérifier après mise en œuvre le respect de la hauteur minimale d'enrobage sous tête.

Les connecteurs sont fabriqués dans les usines de la société ARS Industries, certifiée ISO 9002. Ils font l'objet d'un brevet français déposé à l'I.N.P.I.

Les connecteurs sont fabriqués suivant un processus en trois étapes :

- Cisailage des lopins dans des barres ou des couronnes d'acier.
- Forgeage à chaud de la tête du connecteur.
- Laminage à chaud du filet du connecteur.

Les connecteurs sont identifiés au moyen d'un marquage comportant sur la tête les lettres BB, et sur la partie visible de la collerette, en caractères en relief de 4mm de hauteur, les noms ARS et CERT, les deux derniers chiffres du millésime de fabrication et le modèle.

3.3 Dalle en béton

La dalle en béton coulée en place, liée aux poutres en bois par l'intermédiaire des connecteurs, a une épaisseur minimale de 5 cm. L'épaisseur effectivement mise en œuvre dépend de l'entraxe retenu pour les poutres en bois, des charges à supporter et des exigences réglementaires en matière de résistance au feu et d'isolement phonique.

La dalle en béton est coulée soit sur un coffrage (bois, matériau composite, aggloméré de fibre...), soit sur un bac métallique.

4. DIMENSIONNEMENT

Le but de la connexion entre le bois et le béton est d'empêcher le glissement à l'interface des deux matériaux et de permettre de ce fait l'utilisation de l'inertie totale de la section résistante homogénéisée, le bois des poutres travaillant essentiellement en traction et le béton de la dalle en compression.

Le dimensionnement est effectué exclusivement par le bureau d'études CERT Structure, au moyen notamment d'un logiciel de calcul à usage interne, développé spécifiquement pour le plancher SBB.

La mise en œuvre peut nécessiter au préalable un diagnostic sur l'état sanitaire et/ou parasitaire des poutres existantes à connecter (réhabilitation).

4.1 Cas général

Le dimensionnement consiste en une vérification successive en phase provisoire et en phase définitive et en tenant compte du nombre de files d'étaie :

- de la résistance des sections à l'état limite ultime.
- des flèches à l'état limite de service.

Ce dimensionnement est effectué en tenant compte du fluage des deux matériaux bois et béton et de l'effet du retrait du béton agissant sur la section mixte du fait de la présence des connecteurs.

Section résistante

La limitation du glissement à l'interface de la poutre en bois et de la dalle en béton permet de tenir compte dans les calculs de l'inertie de l'ensemble de la section homogénéisée.

La largeur de table béton prise en compte dans les calculs est égale à :

$$b = \text{Min} (e_g / 2 ; L / 8) + \text{Min} (e_d / 2 ; L / 8)$$

Avec :

e_g : entraxe entre poutres à gauche de la poutre considérée.

e_d : entraxe entre poutres à droite de la poutre considérée.

L : portée de la poutre bois entre nus des appuis.

Transfert des bielles : dans le cas de montage sur poutres maîtresses (voir coupes 1,2 et 3), le faible encombrement des connecteurs posés en quinconce permet la mise en place de cadres métalliques en aciers HA. Cette disposition matérialise la liaison entre la table de béton comprimée et la retombée en bois tendue et garantit le respect de l'article A.5 des règles BAEL 91.

Espacement entre connecteurs

Le dimensionnement permet en outre la détermination de l'espacement entre les connecteurs, fonction de l'effort rasant à reprendre à l'interface entre le bois et le béton (et donc de l'effort tranchant), et de la capacité des connecteurs à reprendre ces efforts de cisaillement horizontal.

Les connecteurs peuvent être mis en œuvre soit en ligne, soit en quinconce. Ce choix dépend de la largeur de la poutre d'une part et de la densité de connecteur requise, résultant de l'effort rasant à reprendre à l'interface entre le bois et le béton.

Lorsqu'ils sont mis en œuvre en ligne, l'espacement entre les connecteurs est toujours compris entre 15 cm au minimum et 60 cm au maximum.

Lorsqu'ils sont mis en œuvre en quinconce, sur deux lignes parallèles, l'espacement minimum entre deux connecteurs est réduit à 12 cm à condition que l'espacement entre les deux lignes de connecteurs soit supérieur ou égal à 5 cm. La distance maximum est inchangée et égale à 60 cm.

Les dispositions relatives au positionnement des connecteurs figurent sur les fiches d'autocontrôle transmises par le bureau d'études CERT Structure aux metteurs en œuvre du système.

Dans les deux cas, la distance minimale entre le nu du connecteur et le bord de la poutre en bois est fixée à 2,5 cm dans le cas de mise en œuvre sur solives et de 4 cm dans le cas de mise en œuvre sur poutres maîtresses.

Capacité résistante des connecteurs au cisaillement

La capacité des connecteurs à reprendre les efforts de cisaillement auxquels ils sont soumis dépend essentiellement de la classe de résistance du bois dans lequel ils sont implantés et de leur diamètre .

Les valeurs à prendre à compte dans les justifications à mener à l'ELU sont les suivantes (valeurs en daN) :

	Chêne		Résineux et peuplier		
	D30	D35	C18	C22	C30
21/270	1805	1805*	1444	1805	1805*
26/150	3157	3157*	1913	2391	2391*
26/170	3157	3157*	1913	2391	2391*
26/250	3157	3157*	1913	2391	2391*

	Lamellés collés (type h)			
	GL24	GL28	GL32	GL36
21/270	1805*	1805*	1805*	1805*
26/150	2511	2941	3157*	3157*
26/170	2511	2941	3157*	3157*
26/250	2511	2941	3157*	3157*

* valeurs bornées dans l'attente de campagnes d'essais complémentaires destinées à tirer parti au mieux de l'amélioration des capacités due à la variation des trois paramètres : résistance du bois, diamètre et « hauteur utile » d'enfoncement du connecteur.

Stabilité au feu

Lorsqu'une stabilité au feu est requise pour le plancher, un calcul « à chaud » de la section mixte est mené, tenant compte d'une part de l'affaiblissement des caractéristiques du béton lié à l'élévation de la température et d'autre part de la réduction de section des poutres en bois due à leur combustion progressive.

Lorsque une résistance au feu est requise pour le plancher, un calcul « à chaud » de la dalle béton est mené, en application des règles de calcul FB (DTU P 92-701), après que la stabilité au feu ait elle-même été justifiée.

4.2 Cas particulier : reprise d'effort tranchant aux appuis par le béton seul.

Outre sa capacité de résistance au cisaillement qui lui permet de reprendre les sollicitations d'effort rasant à l'interface de la poutre en bois et de la dalle en béton, le connecteur CERT / ARS possède une résistance à l'arrachement avérée et constatée par des essais.

Cette résistance à l'arrachement permet d'assurer le transfert de l'effort tranchant jusqu'aux appuis sans que les poutres bois soient appuyées sur les porteurs verticaux.

Cette possibilité peut être utilisée en premier lieu dans le cas de la réhabilitation, avec ou sans adjonction de résine BB FIX, lorsque les poutres sont altérées aux appuis et/ou que la maçonnerie présente des risques d'humidité récurrente ou encore qu'un diagnostic exhaustif des conditions d'appui est rendu difficile du fait par exemple de conditions d'accès.

Elle peut être utilisée en second lieu dans le cas de la construction neuve lorsque les appuis de rive des poutres sont volontairement supprimés pour prévenir les risques de détérioration du bois des poutres aux abouts (humidité, insectes)

Dans les deux cas, le dimensionnement est mené sans tenir compte de l'appui des poutres en bois mais en justifiant :

- le transfert de l'effort tranchant à l'appui : passage de la section bois + béton à la section en béton seul.
- la résistance à l'effort tranchant de la section béton seule (section armée par des armatures HA ancrées)

Pour cette justification, menée à l'ELU, on considère les capacités résistantes à l'arrachement suivantes pour les connecteurs :

- 2000 daN pour les poutres de largeur supérieure ou égale à 20 cm
- 800 daN pour les poutres de largeur supérieure ou égale à 10 cm

Lorsque les poutres ont une largeur inférieure à 10 cm, elles doivent reposer directement sur les porteurs verticaux.

5. MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre est effectuée par toute entreprise de maçonnerie – gros-œuvre ou de charpente bois. Elles bénéficient de l'assistance technique de CERT Structure qui met en outre à leur disposition des fiches d'autocontrôle destinées à garantir le suivi conforme de l'ensemble des tâches nécessaires pour une mise en œuvre correcte.

5.1 Cas de la réhabilitation.

Dans le cas de la réhabilitation, un diagnostic préalable est mené, sous la responsabilité de CERT Structure par un ingénieur de bureau d'études ou par un bureau d'études spécialisé missionné à cet effet (par exemple ECSB). Ce diagnostic doit permettre de :

- déterminer l'essence des poutres.
- examiner l'état de conservation sanitaire et biologique des poutres.
- définir les renforcements de poutres rendus éventuellement nécessaires du fait de leur état, renforcements préalables à la réalisation des connexions.
- Confirmer la faisabilité du renforcement de plancher au moyen de la technique SBB par un pré dimensionnement (en fonction des ossatures bois, des portées et des charges du projet).

La mise en œuvre proprement dite comporte les étapes suivantes :

- Mise en place de l'étalement si nécessaire.
- Mise en place du coffrage perdu bois (parquet existant, aggloméré, contreplaqué CTBX d'épaisseur comprise entre 10 et 20 mm,...) ou bac acier. Le coffrage est éventuellement fixé mécaniquement (pointes ou vis) pour une meilleure tenue en phase provisoire. Dans le cas du coffrage perdu en bois, celui-ci doit reposer sur les poutres en bois de 2 cm au minimum. Le coffrage peut recouvrir intégralement les poutres si son épaisseur est inférieure ou égale à 3,5 cm (parquet existant en planches de chêne, barreaudage existant en châtaignier,...). Dans le cas contraire, on procède soit au découpage d'une bande d'une largeur de 3 cm au minimum de part et d'autre de l'axe d'implantation des connecteurs, soit au sciage à la scie cloche d'une rondelle de 6 cm de diamètre au droit de chaque connecteur à implanter. Le coffrage, quel qu'il soit, n'a pas de rôle porteur en phase définitive. Il doit supporter le poids du béton frais en phase provisoire (coulage du béton et prise de celui-ci). Il peut être choisi en fonction du rôle esthétique dévolu à sa sous-face en phase définitive.
- Réalisation d'engravures filantes ou d'empochements ponctuels dans les murs porteurs et scellement d'armatures HA pour assurer la liaison entre la dalle béton et la maçonnerie existante.
- Mise en œuvre d'empochements dans les murs porteurs au droit des poutres maîtresses et scellement d'armatures HA croisées aux mêmes fins que précédemment.
- Repérage de la position des connecteurs sur les poutres en bois suivant les plans d'exécution fournis par le Bureau d'études CERT Structure.
- Mise en place éventuelle d'un film plastique type « polyane » en fond de coffrage pour éviter les fuites de laitance lors du coulage, avec agrafage ponctuel et découpe au droit des futurs connecteurs.
- Vissage des connecteurs dans un avant-trou réalisé au moyen d'une perceuse électrique (couple minimum de 26 Nm, vitesse minimum de rotation de 700 tours par minute), équipée d'un forêt spécial, rallongé avec une mèche alésoir, distribué par ARS Industrie (modèle 18/26 pour les connecteurs de diamètre égal à 26 mm et modèle 14/20 pour les connecteurs de diamètre égal à 21 mm). Le vissage proprement dit s'effectue au moyen d'une boulonneuse à air comprimé de type ATLAS COPCO TOOLS (modèle LMP 51) ou similaire ou avec une boulonneuse électrique de type HITACHI (couple 600 Nm) ou similaire.
- Mise en place des aciers de fretage dans l'axe des connecteurs et mise en place des panneaux de treillis soudés du plancher (reprise de la flexion transversale et des effets du retrait).

- Mise en œuvre éventuelle de sommiers en béton armé sous les appuis des poutres maîtresses lorsque l'état, l'épaisseur ou les contraintes admissibles de la maçonnerie porteuse le nécessitent.
- Coulage de la dalle béton.

5.2 Cas de la construction neuve.

Dans le cas de la construction neuve, les opérations de mise en œuvre sont similaires à celles décrites pour le cas de la réhabilitation, en excluant évidemment le diagnostic préalable des poutres en bois et la réalisation d'engravures et/ou d'empochements dans la maçonnerie porteuse.

En outre, dans le cas de la construction neuve, il est possible d'effectuer la mise en œuvre des connecteurs en atelier et de livrer ensuite sur chantier les poutres ainsi préparées. La réalisation des pré-trous peut se faire de manière manuelle ou automatisée.

5.3 Cas particulier : reprise d'effort tranchant aux appuis par le béton seul.

Dans le cas particulier, utilisé aussi bien en construction neuve qu'en réhabilitation, où, soit les poutres en bois ne sont pas prolongées jusqu'aux appuis, soit il n'est pas tenu compte de cet appui dans la justification vis-à-vis de la reprise de l'effort tranchant, les connecteurs sont amenés à résister à l'arrachement, dans les conditions évoquées au paragraphe 4.2.

Dans ce cas, il peut être recommandé de mettre en œuvre les connecteurs dont la résistance à l'arrachement est prise en compte pour les justifications vis-à-vis de l'effort tranchant (connecteurs d'about) en ajoutant, avant vissage, un filet de résine polyester fluide ARS BB Fix (CELWORKS X 500).

B. Résultats expérimentaux

Essais mécaniques de type « push-out » sur éprouvettes destinés à qualifier la résistance au cisaillement de la connexion bois – béton :

- Essais sur 6 éprouvettes en chêne avec connecteur 26/150 : Rapport d'essais du laboratoire de l'INSA de Rennes daté de juin 2000.
- Essais sur 6 éprouvettes en résineux avec connecteur 21/170 : Rapport d'essais du laboratoire de l'INSA de Rennes daté de juillet 2001.

Essais mécaniques d'arrachement sur tirefonds ARS à filet variable effectués dans les laboratoires de la SNCF.

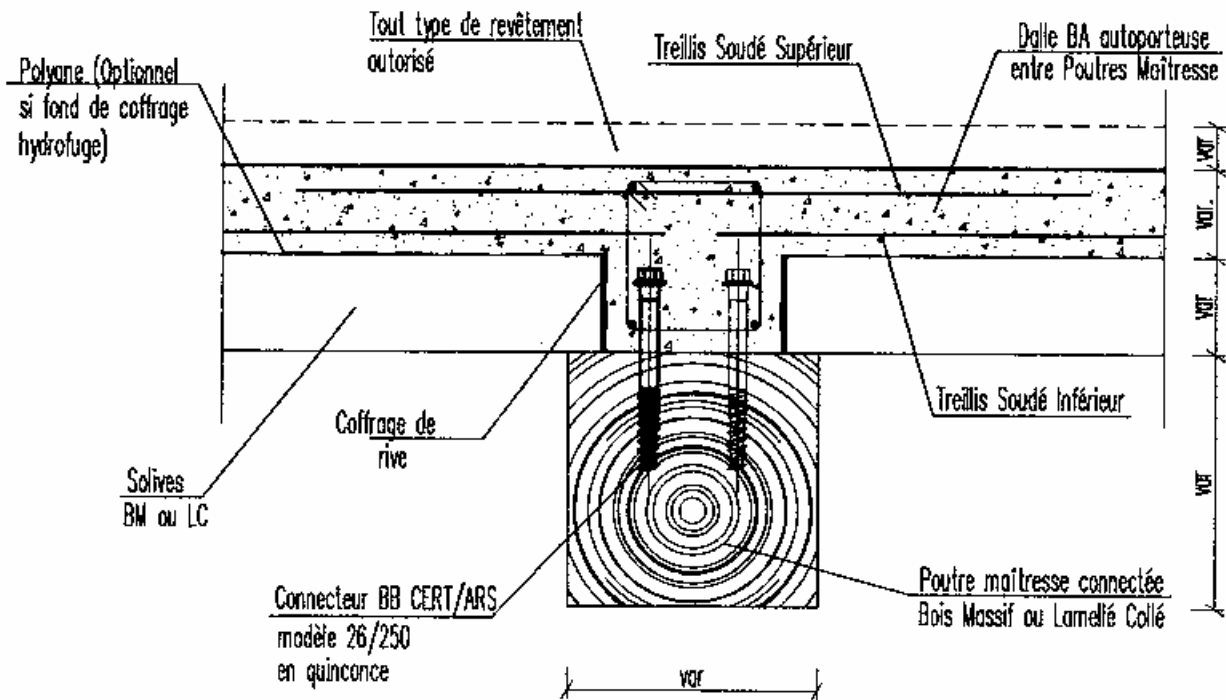
C. Références

Le début de l'exploitation du procédé date de juin 2000.

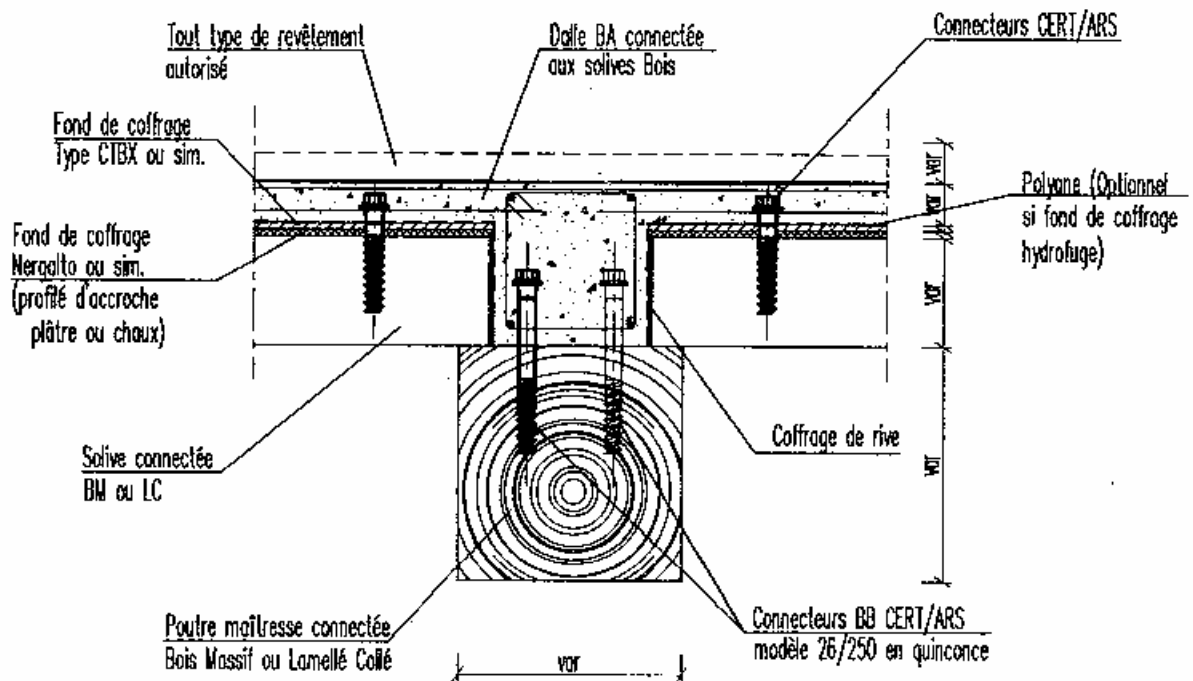
Depuis cette date, il a été mis en œuvre plus de 50.000 connecteurs SBB, par plus de 35 entreprises de pose, représentant plus de 21.000 m² de planchers, sur différentes essences de bois (chêne, pin sylvestre, sapin, peuplier) et avec les 4 modèles de connecteur.

- Réhabilitation des planchers du musée des Beaux-Arts d'Angers : ATEX CSTB n° 949. Essence : chêne. 1500 connecteurs posés.
- Collège A.Malraux de Senones (88). Essence : Lamellé-collé sapin GL28. 1400 connecteurs posés (construction neuve).
- Ecole St Théodard de Montauban. Essence : pin sylvestre. 900 connecteurs posés.
- Mairie de Mozet sur Louet. Essence : pichepin. 260 connecteurs posés.
- Abbaye Cistercienne de la Séauve sur Semène (43). Essence : pin sylvestre. 1900 connecteurs posés.
- Châteaux de Brissac (49) et Durtal (49). Essence : chêne. 1200 connecteurs posés.
- Château de la reine blanche à Paris. Essence : chêne. 700 connecteurs posés.

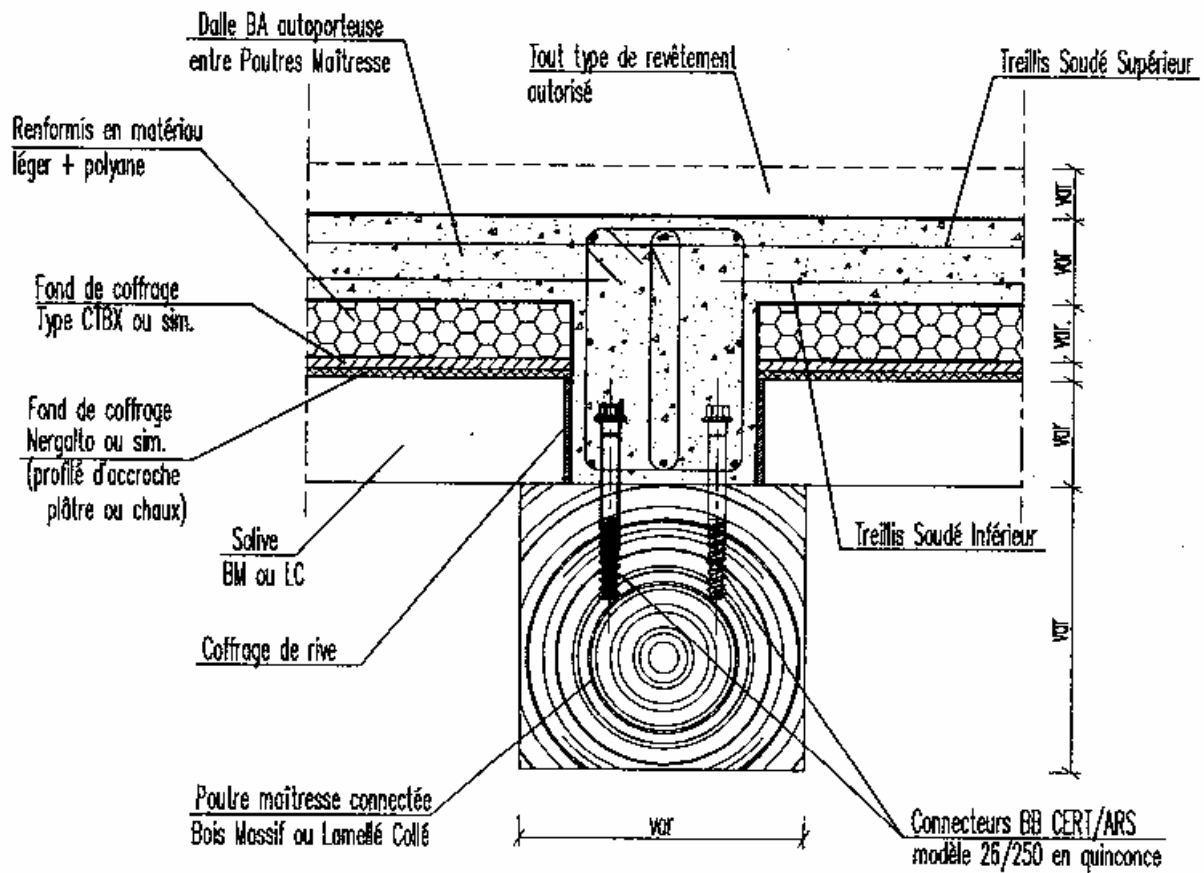
COUPE TYPE 1 SUR POUTRE MAITRESSE



COUPE TYPE 2 SUR POUTRE MAITRESSE

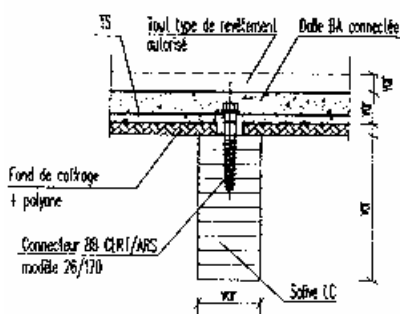


COUPE TYPE 3 SUR POUTRE MAITRESSE

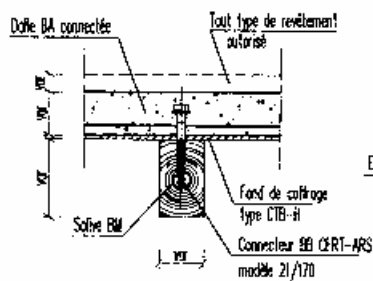


COUPES TYPES SUR SOLIVES

SOLIVE LC



SOLIVE BM



SOLIVE BM MOULUREE

