Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Avis Technique 3.1/17-915_V1

Annule et remplace l'Avis Technique 3/12-720

Plancher mixte bois et béton

Wood concrete composite floor

TECNARIA

Titulaire : Société TECNARIA SpA
Viale Pecori Giraldi 55
IT – 36061 – BASSANO DEL GRAPPA - VI

Tél. : +39 0424 50 20 29
Fax : +39 0424 50 23 86
E-mail : info@tecnaria.com
Internet : www.tecnaria.com

Groupe Spécialisé n° 3.1

Planchers et accessoires de plancher

Publié le 21 juillet 2017

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

(arrêté du 21 mars 2012)

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

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB. Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site internet du CSTB (http://www.cstb.fr)
© CSTB 2017

Avis Technique non valide

Le Groupe Spécialisé n° 3.1 « Planchers et accessoires de plancher » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques, a examiné le 18 Avril 2017 le procédé de plancher mixte bois et béton TECNARIA présenté par la société TECNARIA. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France européenne et DROM-COM. Cet Avis annule et remplace l'Avis n°3/12-720.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Le procédé est un plancher mixte bois et béton associant des poutres en bois massif ou lamellé collé et 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 ergots avec plaque de fixation le long de l'interface bois-béton.

Les connecteurs peuvent avoir deux types de plaque de fixation, « BASE » ou « MAXI » avec respectivement des tire fonds de 8 et 10 mm de diamètre. Le bois peut être résineux, feuillus ou lamellé collé.

Tous les types de sols et de plafonds peuvent être associés aux planchers.

1.2 Identification

Solives

Les solives utilisées constituant le système de plancher mixte peuvent être de type :

- Bois lamellé collé (dont les caractéristiques devront satisfaire les exigences de la norme NF EN 14080) avec une classe de résistance minimale GL24 ;
- Bois massif avec une résistance d'au moins C18 (résineux) ou D30 (feuillus) selon la norme NF EN 14081 pour les chantiers neufs et d'au moins C16 en réhabilitation.

Connecteurs

Les connecteurs sont identifiables par l'apposition de la marque TECNARIA sur la tête de l'ergot ou sur la plaque de fixation. Les deux types de connecteurs existants, BASE et MAXI, se distinguent par la forme de leur plaque de fixation respectivement carrée et rectangulaire. Les tirefonds sont identifiés par la lettre T visible en tête.

Les dimensions respectives des connecteurs et de leurs ancrages doivent être conformes aux précisions données dans le Dossier Technique du demandeur (§ 2.1).

Béton

Le béton coulé en œuvre formant la dalle de compression du système de plancher mixte est de classe de résistance minimale C20/25 selon NF EN 206/CN.

La dimension maximale du granulat est de 20 mm.

L'épaisseur minimale de la table de compression en béton est de 5 cm hors exigence sismique et de 7 cm lorsqu'une exigence sismique s'applique au bâtiment.

Panneaux de coffrage

Les panneaux utilisés sont de type :

- Des panneaux d'OSB selon la norme NF EN 300 ;
- Panneaux de particules P4/5/6/7 suivant la norme NF EN 312 ;
- Des panneaux de contreplaqué selon la norme NF EN 636.

2. AVIS

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

2.1 Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne et en DROM-COM, pour les classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995 (Eurocode 5).

L'Avis est formulé pour une utilisation en zone de sismicité 1 à 4 pour les bâtiments de catégorie d'importance I à IV et zone 5 pour les bâtiments de catégories d'importance I et II au sens de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

Le domaine d'emploi accepté par le Groupe Spécialisé n° 3.1 concerne l'utilisation dans les bâtiments d'habitation, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, soumis exclusivement à des charges statiques ou quasiment statiques au sens de la norme NF EN 1991-1-1 (en comprenant par ces dernières les effets dynamiques courants dus au déplacement des personnes et des appareils légers qui ne produisent pas de vibration). Les utilisations sous charges roulantes pouvant entraîner des chocs ou des phénomènes de fatigue ne sont pas visées dans le présent Avis.

L'utilisation du procédé est admise pour les toitures terrasses inaccessibles (catégorie H selon EN 1991-1-1).

- Pente ≥ 3% sur plan
- Toitures-terrasses inaccessibles isolées thermiquement sur l'élément porteur et sans rétention d'eau pluviale

Les toitures terrasses sont classées de type A au sens du DTU 20.12.

Le procédé peut être utilisé avec tout type de structure.

La continuité sur appui des dalles de compression est visée par le présent Avis Technique dans les conditions fixées aux Prescriptions Techniques (§2.3).

Le domaine d'emploi proposé est limité aux locaux à faible ou moyenne hygrométrie, à l'exclusion des locaux à forte et très forte hygrométrie, c'est à dire ceux pour lesquels W/n > 5g/m^3, avec :

- W = quantité de vapeur d'eau produite à l'intérieur du local par heure
- n = taux horaire de renouvellement d'air

2.2 Appréciation sur le procédé

2.21 Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi

Stabilité

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

Sécurité en cas d'incendie

Résistance 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 § 2.314 des Prescriptions Techniques ci-après.

Réaction au feu

Les planchers TECNARIA bruts peuvent bénéficier d'un classement conventionnel en réaction au feu D-s2, d0. L'adéquation entre ce classement et les exigences réglementaires doit être examinée au cas par cas en fonction du type de bâtiment et de l'emplacement du plancher TECNARIA dans l'ouvrage.

Ce classement ne permet pas de considérer que ces éléments respectent les dispositions :

- En matière de protection des isolants vis à vis d'un feu intérieur pour les bâtiments d'habitation et les Etablissements Recevant du Public (article AM 8 Arrêté du 6 octobre 2004). L'isolant utilisé doit alors bénéficier d'un classement A2-S2,d0 ou une autre protection rapportée adaptée devra être mise en œuvre.
- En matière de réaction au feu des plafonds des dégagements non protégés pour les bâtiments d'habitation et les Etablissements Recevant du Public (article AM 5 Arrêté du 6 octobre 2004). Dans ce cas une protection rapportée adaptée devra être mise en œuvre.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre ou de l'entretien

Pour le procédé proprement dit, elle est normalement assurée si les conditions concernant la phase de montage résultant des Prescriptions Techniques sont respectées.

S'agissant du coffrage destiné à supporter le poids du béton frais en phase provisoire, il y a lieu de s'assurer :

- Que le fournisseur peut garantir une résistance en flexion statique évaluée selon les prescriptions de la norme NF EN 12871 (29 février 2012).
- Que le fournisseur des plaques ou panneaux peut garantir une résistance de ceux-ci à une charge concentrée caractéristique Q_k de 150 daN appliquée selon l'essai de poinçonnement flexion conformes aux normes NF EN 12871 et NF EN 1195 et pondérée aux états limites ultimes selon l'Annexe A de la norme NF EN 12871 §B.2.3 (vérification selon Annexe 1)

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

- Que les portées délimitées par les appuis n'excèdent pas les valeurs limites résultant des vérifications présentées dans le Dossier technique de cet Avis.
- Que les plaques sont fixées sur leurs appuis au fur et à mesure de leur pose

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

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. Le calcul de la résistance thermique utile des planchers doit être mené conformément aux « Règles Th-U ».

Isolation acoustique

L'atteinte des critères d'isolation fixés par la réglementation nécessite la mise en œuvre d'ouvrages complémentaires de type 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 :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{K}{m_1}+\frac{K}{m_2}\right)}$$

Avec

f_0 la fréquence de résonance en Hz

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

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

K le coefficient de raideur dynamique, en N/m du dispositif de suspension du plafond. 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 f0. Dans ce cas, seul un essai permet de déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique de l'ensemble plancher et plafond suspendu rapporté.

Dans le cas où la dalle béton est ancrée dans le mur vertical en béton ou maçonné, il est possible de prédire la performance acoustique de l'ouvrage par application de la méthode Européenne EN 12354 pour les transmissions directes et latérales entre locaux des bruits aériens et des bruits de chocs.

Données environnementales

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

Aspects sanitaires

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

2.22 Durabilité - Entretien

La durabilité du plancher est normalement assurée, pour les utilisations exceptant les locaux (ou ambiances) à forte hygrométrie ou à atmosphères agressives. La durabilité propre des poutres en bois est assurée moyennant le respect des conditions de préservation fixées dans les normes NF EN 350-1 et NF EN 350-2 (juillet 1994) ainsi que NF EN 335-1 et NF EN 335-2 (janvier 2007).

2.23 Fabrication et contrôle

La fabrication des connecteurs est réalisée par des entreprises indépendantes selon un cahier des charges du titulaire. Ce cahier des charges défini les dimensions et tolérances ainsi que les essais de contrôle à réaliser sur les matériaux et le connecteur assemblé. Les fiches de contrôle sont enregistrées par la société TECNARIA.

La mise en œuvre des connecteurs peut être assurée par des entreprises de maçonnerie ou de charpente qualifiées et formées. Le titulaire du présent Avis Technique devra néanmoins pouvoir être en mesure de fournir une assistance technique au niveau du dimensionnement et de la mise en œuvre finale du procédé de plancher Tecnaria.

Le contrôle des éléments constituants le système de plancher mixte consiste à s'assurer des bonnes spécificités dimensionnelles et de la traçabilité des éléments au moyen de certificats.

2.3 Prescriptions Techniques

2.31 Conditions de conception et de calcul

La conception et le calcul du système TECNARIA sont à la charge du bureau d'études techniques qui doit également fournir un plan de pose complet.

Le principe de la connexion bois-béton est d'empêcher le glissement à l'interface des deux matériaux, pour permettre de calculer une section mixte homogénéisée et utiliser son inertie totale dans les calculs. Cette section combine une table de compression béton à une poutre bois qui fait office de nervure tendue. Le béton travaille donc essentiellement à la compression et le bois en traction.

Rigidité du plancher

- La méthode appliquée pour l'évaluation de la rigidité effective en flexion est celle préconisée par la norme NF EN 1995-1-1 Annexe B.
- Les modules de glissement des connexions à prendre en compte dépendent du type de connecteur et du type de bois. Des valeurs différentes de modules sont à utiliser pour les vérifications aux Etats limites Ultimes et aux Etats Limites de Service de même que les vérifications à l'état initial et à l'état final. Les valeurs des modules de glissement dans les différents cas sont indiquées en Annexe 2 de la partie Avis.

2.311 Vérifications en phase finale

Les contraintes de flexion

Dans la mesure où l'effort de cisaillement maximal dans le connecteur le plus sollicité ne dépasse pas sous charges pondérées les valeurs données au § 2.315 ci-après, on peut effectuer les calculs en section mixte selon l'Annexe 1 du présent avis.

La vérification consiste donc à s'assurer que sous l'action des charges pondérées :

- par 1,35 pour le poids propre et les charges permanentes
- par 1,5 pour les charges à caractère variable,

la contrainte développée dans le bois ne dépasse pas la valeur (k_h. k_{mod} . $f_{m,k}$) / γ_M et la contrainte développée dans le béton reste inférieure à : f_{ck} . 0,85/1,5.

Les calculs doivent tenir compte des phases successives de la mise en œuvre.

Le mode de calcul détaillé est donné dans §3 du Dossier Technique, ci-après.

Contraintes normales

Les vérifications usuelles aux ELU doivent être menées sur les solives bois d'une part et sur la dalle béton d'autre part en ayant au préalable déterminé la position de l'axe neutre de la section mixte.

Pour les sections bois, les vérifications doivent être menées en traction et flexion combinées selon la norme NF EN 1995-1-1 § 6.2.3.

Pour les sections béton, on se rapporte aux vérifications usuelles d'une poutre type béton armée vis à vis des sollicitations de flexion au sens de la norme NF EN 1992-1-1 soit :

- Limitation de la contrainte de compression du béton
- Justification des armatures vis-à-vis des contraintes normales

Vérification à l'effort tranchant

- Vérification de la compression des bielles de béton
- Vérification des sections d'armatures de reprise d'effort tranchant selon les dispositions de la NF EN 1994-1-1 (§6.6.6.2.1, Référence à la norme NF EN 1992-1-1 §6.2.4).

Les contraintes obtenues par application de cette méthode sont à comparer aux contraintes de calcul définies par l'Eurocode 2 (pour le béton) et l'Eurocode 5 (pour le bois) à l'exception de la contrainte de cisaillement induite par le connecteur qui est limitée à la valeur issue des essais pour toute classe de bois supérieure ou égale à C18 ou D24.

Les calculs doivent tenir compte des phases successives de la mise en œuvre (report des charges à l'enlèvement des étais sous forme de charge ponctuelle correspondant à la réaction des étais)

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Le mode de calcul détaillé est donné dans le §3 du Dossier Technique, ci-après.

Le fléchissement

Le "fléchissement actif" des planchers pouvant nuire à l'intégrité des cloisons maçonnées ou aux revêtements de sol fragiles comporte :

- les déformations différées sous l'action du poids propre du plancher,
- les déformations totales dues aux charges permanentes mises en œuvre après les éléments fragiles,
- les déformations différées sous l'action de toutes les charges permanentes,
- les déformations totales dues à la part quasi permanente des charges d'exploitation.

La flèche active est limitée à L/500 pour L< 5,00 m et 0,5 cm + L/1000 pour L≥ 5,00 m dans le cas de cloisons ou revêtements fragiles, et à L/350 pour L< 3,50 m et 0,5 cm + L/700 pour L≥ 3,5 m dans les autres cas.

On appelle flèche active la part des déformations du plancher risquant de provoquer des désordres dans un ouvrage considéré généralement supporté (par exemple : cloison, carrelage, étanchéité, …). C'est donc l'accroissement de la flèche, ou fléchissement, pris par le plancher à partir de l'achèvement de l'ouvrage concerné.

Le fléchissement dû à toutes les charges (Wnet,fin) est limité conventionnellement à 1/250 de la portée.

2.312 Vérifications en phase provisoire

Vérification de la sécurité

La vérification dans cette phase concerne les solives bois.

Elle est effectuée sous l'action simultanée :

- d'une charge uniformément répartie représentant le poids propre du plancher (bois + coffrage + béton frais pour l'épaisseur de calcul augmentée de la part due au fléchissement des solives pondéré par 1,35) ;
- d'une charge de mise en œuvre pondérée par 1,5. Les valeurs de ces charges de mise en œuvre à l'extérieur ou dans la zone de travail sont prises conformes à la norme NF EN 1991-1-6 à savoir :
  - 0,75 kN/m², charge appliquée à l'extérieur de l'aire de travail.
  - 1,5 kN/m², charge appliquée sur l'aire de travail de dimensions en plan 3 m x 3 m

Un critère de déformation devra être respecté pour les solives et pour le platelage :

- L/500 si un aspect de sous face est nécessaire
- L/200 sans aspect de sous face

Si la déformée à mi portée ne respecte pas ce critère, un étayage devra être prévu.

De plus, le cumul des contraintes en superposition des phases provisoires et finales dans le bois et le béton, doit être vérifié.

Les principes de vérification de déformation du platelage sont décrits dans l'annexe 1 § 1.312.

2.313 Utilisation en zone sismique

En cas d'utilisation en zones sismiques pour lesquelles des dispositions sont requises au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, les fonctions diaphragme, tirants-butons et l'intégrité suite au séisme doivent être clairement vérifiées.Les effets des actions sont calculés sur la base d'une analyse élastique linéaire suivant la méthode des forces latérales équivalentes du §4.3.3.2 ou de la réponse modale du §4.3.3.3 de la norme NF EN 1998-1-1 selon la régularité en plan et en élévation du bâtiment.

Afin de pouvoir remplir ces trois conditions, les dispositions constructives à adopter, sont les suivantes :

- La fonction diaphragme ne peut être assurée que par la table de compression d'épaisseur 70 mm minimum conformément à l'article 5.10 de la norme NF EN 1998-1.
- Les diaphragmes doivent pouvoir transmettre, avec une surrésistance suffisante, les effets de l'action sismique aux divers contreventements auxquels ils sont liés ; cette prescription est considérée comme satisfaite si, pour effectuer les vérifications de résistance appropriées, les effets de l'action sismique sont multipliés par un coefficient de sur-résistance γd défini dans la norme NF EN 1998 § 4.4.2.5 La dalle béton et les connecteurs devront être dimensionnés en prenant respectivement en compte un coefficient de surrésistance γ_d=1,3 et γ_d=1,1.
- Les sections d'armatures disposées dans la table de compression (armatures principales et armatures de répartition) sont calculées en fonction des charges à supporter. Ces armatures placées en chapeau sont à ancrer en rive en majorant de 30% la longueur d'ancrage déterminée en situation non sismique dans des chaînages périphériques en béton armé coulés en œuvre, disposés pour véhiculer les actions horizontales sismiques aux éléments de contreventement verticaux. Il doit exister d'une part un chaînage périphérique continu, d'autre part un chaînage au croisement de chaque élément de contreventement avec le plancher.
- Les renforts des trémies doivent être dimensionnés pour transmettre les efforts aux éléments de contreventement. Le diaphragme doit être dimensionné en conséquence.
- Les dalles béton doivent être ancrées sur appui (cas des appuis béton et maçonnés) ou connectées au moyen de connecteurs (cas des appuis bois).
- Afin d'assurer la fonction tirant-buton le plancher doit présenter en tout point une capacité de résistance ultime à la traction. La valeur de l'effort tirant-buton doit être déterminée par une étude sismique spécifique. Cet effort sera pris égal à la plus grande des deux valeurs suivantes : 15 kN/ml ou l'effort de tirant-buton déterminée par calcul.
- La traction dans les chainages doit présenter une résistance en traction minimale de 70 kN cf. au §9.10.2.2 de l'EC2-1-1.
- Les planchers mixte bois-béton TECNARIA peuvent être utilisée avec des procédés ayant une capacité élevée à dissiper l'énergie (DCH), moyenne (DCM) ou réduite (DCL) selon la norme NF EN 1998-1 § tableau 8.1.

Lorsque le bâtiment est soumis à des exigences sismiques, seuls les connecteurs TECNARIA MAXI peuvent être utilisés. Le béton doit être de classe minimum C25/30 et le bois doit avoir une classe de résistance minimale C24. Un bois de classe de résistance C18 peut être utilisé sous réserve de réaliser un dimensionnement en classe DCL uniquement et d'appliquer un coefficient correcteur $(\rho_k/\rho_{C24})^{0,8}$ sur les valeurs de calcul obtenues à partir des essais sur un bois de classe de résistance C24.

2.314 Vérifications en situation d'incendie

Les vérifications suivantes doivent être effectuées :

Sans protection au feu :

Connexions non mobilisées

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 de l'Eurocode 5 partie 1-2. Le degré coupe-feu est vérifié par application de l'Eurocode 2 partie 1-2 pour la dalle 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 agrée, délivrée dans les conditions prévues à l'article 11 de l'arrêté du 22 mars 2004.

2.315 Capacité résistante des connecteurs

La capacité des connecteurs à reprendre les efforts de cisaillement auxquels ils sont soumis a été déterminée par des essais.

Les valeurs de résistance au cisaillement du connecteur, données dans le tableau en Annexe 2 de la partie Avis en fonction de l'épaisseur de platelage et de l'essence de bois, sont à considérer dans le cas d'une utilisation en classe de service 1 ou 2 au sens de l'article 2.1.3 de la norme EN 1995 (Eurocode 5) et pour des charges de durée d'application moyenne.

2.316 Espacement des connecteurs

L'espacement des connecteurs est calculé au cas par cas en fonction de la configuration du plancher et des charges qui lui sont appliquées. L'espacement peut être constant ou variable (entre les quarts extrêmes et la moitié centrale).

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.

Lorsque les poutres sont posées sur leurs appuis, la profondeur minimale saine - toutes tolérances épuisées - est au minimum de 5 cm. Dans le cas des solives sur poutres maîtresses, cette valeur minimale de 5 cm peut inclure l'épaisseur d'une lisse d'étaiement.

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.

Dans le cas d'utilisation de prédalles béton ou de bacs collaborants, la reprise des efforts de flexion transversales devra être justifiée en tenant compte respectivement de l'EN 1992-1-1 et des avis techniques en cours de validité de bacs collaborant visant les supports bois.

2.319 Conditions aux appuis

Seul le solivage bois en travée isostatique est visé par cet avis.

En ce qui concerne la continuité des dalles béton sur les appuis perpendiculaires au sens porteur, il convient de prévoir des armatures supérieures capables d'équilibrer un moment égal à 0.3M0 et de respecter un rapport de portées successives compris entre 0,8 et 1,2.

Dans le cas de planchers justifiés intégralement en isostatique, le sciage de la dalle béton n'est autorisé que si il est prévu en phase conception et décrit sur les plans d'exécution.

Les planchers pour lesquels cette continuité n'est pas assurée sont admis uniquement dans le cas des revêtements et cloisons non-fragiles.

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 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 minimum de S2 au sens de la norme NF EN 206/CN. Sa mise en place nécessite une vibration à l'aiguille.

La partie en béton armé du plancher bois-béton doit être conçue, calculée et mise en œuvre conformément aux prescriptions de la norme NF EN 1992-1-1 (Eurocode 2).

Les charges d'exploitation à prendre en considération dans les calculs sont celles précisées par la norme NF EN 1991 (Eurocode 1).

Les éléments en béton armé du plancher TECNARIA doivent être mis en œuvre conformément aux prescriptions du DTU 21 : Exécution des travaux en béton ; cahier des clauses techniques.

2.332 Conditions d'exécution

La conception et le calcul des planchers sont laissés à la charge du bureau d'études techniques de l'opération. Une notice est tenue à disposition des bureaux d'étude par le titulaire afin de présenter la méthode de calcul ainsi que des exemples : « Dimensionnement de section mixte Bois – Béton avec connecteurs TECNARIA – Méthodologie de calcul et exemples de conception », 13/01/2009.

Les éléments obligatoires pour l'exécution du plancher sont énumérés ci-après :

- Note de calcul : Mention de toutes les charges (réparties, ponctuelles) dans les hypothèses
- Plan de pose : positionnement et longueur des tôles, positionnement des files d'étais, position des nus d'appuis, positionnement des trémies éventuelles ;
- Coupe courante : enrobage nappe basse, nappe haute, mention du treillis soudé général ;
- Coupe sur appui, y compris dans les zones de recouvrement (pour validation des enrobages)
- Plan de ferraillage de la nappe supérieure : armatures chapeaux, section des armatures, avec espacement maximal des fils, positionnement, mention des armatures de bonne construction et en chaînage;
- Plan de calepinage des treillis soudés avec leur nomenclature
- Plan de ferraillage de la nappe inférieure si nécessaire : section des armatures, y compris armatures au feu, positionnement ;
- Détails autour des trémies ;
- Détails d'exécution en cas de sciage ;
- Type de béton, nuances d'acier utilisées ;
- Les dispositions constructives des armatures en conformité au DTU 21,
- Les détails d'incorporation de gaines techniques et canalisations, en vue du respect des enrobages.
- Notice décrivant les conditions de stockage et de manutention.

Le plan de pose est établi soit par un bureau d'études, soit par le fabricant. Dans ce dernier cas les indications du plan de pose doivent être complétées par le bureau d'études chargé de l'étude d'exécution du bâtiment en ce qui concerne les poutres, les chaînages, les trémies et chevêtres et, plus généralement les autres parties en béton armé coulé en œuvre.

L'attention du responsable de la construction (entreprise générale, maître d'œuvre, etc. selon les cas) est attirée sur la nécessité de faire vérifier, au niveau des études, la compatibilité de la mise en œuvre de divers éléments, des armatures et équipements et de faire assurer la coordination dans les cas où la construction est composée de plusieurs fournitures d'éléments préfabriqués.

Le levage n'est pas visé par cet avis technique.

2.333 Planchers courants

Des consignes doivent être prévues sur les plans de pose du plancher afin d'éviter des accumulations excessives de charges de mise en œuvre, quantités excessives de béton notamment.

Une attention particulière doit être accordée à la mise en place des armatures de la dalle et, notamment, à leur maintien en place pendant le coulage et la vibration obligatoire du béton.

Les joints de dilatations sont conçus conformément aux prescriptions des Règles de la norme NF EN 1992-1-1 et son AN.

2.334 Utilisation en rénovation

Une attention particulière devra être apportée à l'homogénéité de l'humidité du bois des poutres anciennes et des éventuelles poutres neuves. Un écart de 2% est un maximum admissible.

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 :

- Réaliser un diagnostic des poutraisons pour juger de leur état de conservation ;
- vérifier la capacité de la structure existante à supporter un éventuel vérinage avant coulage de la dalle béton, destiné à réduire la déformation des solives existantes
- 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 EN 14081 (bois massif), et NF EN 14080 (bois lamellé-collé).
- 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.

2.335 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 et transmise par ses soins aux metteurs en œuvre du système.

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

Jusqu'au 30 Avril 2022

Pour le Groupe Spécialisé n° 3.1
Le Président

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le plancher mixte bois-béton Tecnaria est composé de poutres en bois et d'une dalle en béton armé, l'ensemble étant relié par des connecteurs métalliques. Les performances de ces connecteurs ont été déterminées par des essais dont l'interprétation est donnée dans l'annexe 2. L'attention est attirée sur la spécificité de la méthode de dimensionnement proposée en annexe 1 qui doit être suivie par le bureau d'étude de l'opération.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé
n° 3.1

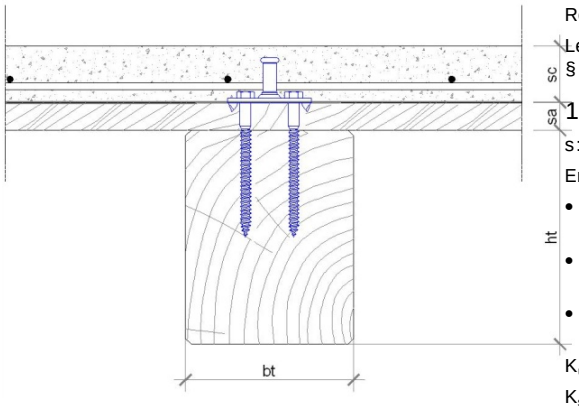
Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Annexe 1 : méthode de calcul

La présente annexe fait partie de l'Avis Technique : le respect du mode de calcul indiqué est une condition impérative de la validité de l'Avis.

1. Cas 1 : plancher à cadre simple, connecteur TECNARIA MAXI sur platelage.

1.1 Données



Données : Géométrie, matériaux, charges, paramètres

1.11 Béton

b_{eff} : largeur de la section de béton considérée (mm)

sc : hauteur de la section de béton considérée (mm)

A_1 : Aire de la section de béton considérée (mm²)

I_1 : Moment d'inertie de la section de béton considérée (mm^4)

a_1 : Distance reliant le centre de la section de béton à l'axe neutre (mm)

E_1: Module d'élasticité moyen du béton sous chargement court terme (MPa)

$E_{1,inf}$: Module d'élasticité du béton sous chargement permanent (MPa)

$\gamma_{m,1}$: Coefficient partiel du matériau béton selon EN 1992-1-1

f_{ck} : Résistance caractéristique cylindrique à la compression (Mpa)

f_{cd} = 0,85x f_{ck} /$\gamma_{m,1}$

f_{yk} : Limite d'élasticité des armatures (MPa)

1.12 Platelage résineux

sa ou h_2 Épaisseur du platelage (mm)

A_2 : Aire de la section de platelage (mm²)

I_2 : Moment d'inertie de la section de platelage considérée (mm^4)

a_2 : Distance reliant le centre de la section de platelage à l'axe neutre (mm)

1.13 Poutre en Bois

lt : portée (mm)

b_t : largeur de la section de bois considérée (mm)

h_t : hauteur de la section de bois considérée (mm)

A_3 : Aire de la section de bois considérée (mm²)

I_3 : Moment d'inertie de la section de bois considérée (mm^4)

a_3 : Distance reliant le centre de la section de bois à l'axe neutre (mm)

E_3 : Module d'élasticité moyen du bois sous chargement court terme (MPa)

$E_{3,inf}$: Module d'élasticité du bois sous chargement permanent

k_{mod} : Coefficient dépendant de la classe de service et de la durée de charge selon EN 1995-1-1

$\gamma_{m,3}$: Coefficient partiel du matériau bois selon EN 1995-1-1

k_{def} : Coefficient de déformation dépendant de la classe de service selon EN 1995-1-1

γ_3 : Coefficient de pondération de la quantité de rigidité en flexion apportée par la section de bois

$f_{m,k}$:Résistance caractéristique à la flexion

$f_{t,0,k}$: Résistance caractéristique à la traction

$f_{v,k}$:Résistance caractéristique au cisaillement

Résistance de calcul à la flexion : $f_{m,d}$= K_{mod} x $f_{m,k}$ /$\gamma_{m,3}$

Résistance de calcul à la traction : $f_{t,0,d}$= K_{mod} x $f_{t,0,k}$ /$\gamma_{m,3}$

Résistance de calcul au cisaillement : $f_{v,d}$= K_{mod} x $f_{v,k}$ /$\gamma_{m,3}$ x k_{cr}

Le coefficient de fissuration k_{cr} est défini dans l'EN 1995-1-1:2004/A1:2008 § 6.1.7.

1.14 Connecteurs

s: espacement en cas de distribution constante.

En cas de distribution variable :

- s1 = espacements entre chaque connecteur sur les zones d'appuis, soit sur le ¼ gauche et le ¼ droit de la longueur totale de la poutre.
- s2 = (qui est aussi = 2 x s1) espacement entre chaque connecteur sur la zone centrale qui correspond à la ½ longueur totale de la poutre.
- sp = espacement constant équivalent entre chaque connecteur s_{eq} = 0,75 x s1 + 0,25 x s2

K_u : rigidité de connexion aux ELU (selon le tableau en annexe 2 de l'Avis)

K_{ser} : rigidité de connexion aux ELS (selon le tableau en annexe 2 de l'Avis)

Résistance caractéristique en cisaillement de la connexion : $F_{v,Rk}$ (selon le tableau en annexe 2 de l'Avis).

<u>Résistance de calcul côté connexion Bois</u>

$F_{con,d}$= K_{mod} x $F_{v,Rk}$ /$\gamma_{m,3}$

<u>Résistance de calcul au cisaillement de la connexion côté béton</u> EN 1994-1-1 §6.6.3.1 : cette valeur est prise comme le minimum entre le terme de cisaillement du connecteur (P_{Rd1}) et le terme de compression du béton à proximité du connecteur (P_{Rd2}).

$$P_{Rd} = \min \quad \left(P_{Rd1} = \frac{0{,}8 f_u \pi d^2 / 4}{\gamma_V} \; ; P_{Rd2} = \frac{0{,}29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_V} \right)$$

f_u : Résistance à la traction ultime spécifiée du matériau du goujon = 360 N/mm²

d : Diamètre des connecteurs d= 12 mm

γ_v : facteur partiel = 1.25

$$\alpha = 0{,}2\left(\frac{h_{sc}}{d} + 1\right) \text{ pour } 3 \le \frac{h_{sc}}{d} \le 4 \; ; \; \alpha = 1 \text{ pour } \frac{h_{sc}}{d} > 4$$

h_{sc} = hauteur minimale hors tout des connecteurs

<u>Résistance en cisaillement de la connexion :</u> cette valeur est prise comme la valeur de calcul minimum entre le terme de cisaillement du connecteur et de la compression béton d'une part (P_{Rd}) et la terme de cisaillement côté bois d'autre part ($F_{con,d}$)

$R_{con,vd}$ =min ($F_{con,d}$, P_{Rd})

1.2 Calcul des paramètres de la section

1.21 Rigidité efficace de la section

Selon Eurocode 5 - Appendice B2 :

Il convient que la rigidité efficace en flexion soit prise selon :

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^{3} \left(E_i I_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2\right)$$

En utilisant les valeurs moyennes de E et où :

$$A_i = b_i h_i$$

$$I_i = \frac{b_i h_i^3}{12}$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_i = \left[1+\pi^2 E_i A_i s_i / \left(k_i \ell^2\right)\right]^{-1} \text{ pour } i = 1 \text{ et } i = 3$$

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (sc+h_2) - \gamma_3 E_3 A_3 (h_2+h_t)}{2\sum_{i=1}^{3} \gamma_i E_i A_i}$$

ℓ : portée considérée

i=1 pour le béton

i=2 pour le béton (mais où b_2=0 et donc A_2 = 0)

i=3 pour le bois

γ_2=1

γ_1=1

$$\gamma_3 = \left[1+\frac{\pi^2 \times E_3 \times A_3 \times s}{K_u \times lt^2}\right]^{-1}$$

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \times E_1 \times A_1 \times (sc+h_2) - \gamma_3 \times E_3 \times A_3 \times (h_2+h_t)}{2 \times (\gamma_1 \times E_1 \times A_1 + \gamma_3 \times E_3 \times A_3)}$$

$a_1=(sc+h_2)/2-a_2$

$a_3=(h_2+ht)/2+a_2$

$(EI)_{ef}= E_1xI_1 + E_3xI_3 + \gamma_1xE_1xA_1xa_1^2 + \gamma_3xE_3xA_3xa_3^2$

1.22 Largeur efficace

Largeur collaborante minimum selon EN 1992-1-1 (§5.3.2.1)

(3) La largeur participante b_{eff} d'une poutre en T ou d'une poutre en L peut être prise égale à :

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b \quad \text{... (5.7)}$$

avec

$$b_{eff,i} = 0{,}2 b_i + 0{,}1 \ell_0 \leq 0{,}2 \ell_0 \quad \text{... (5.7a)}$$

et

$$b_{eff,i} \leq b_i \quad \text{... (5.7b)}$$

(pour les notations, voir figure ci-dessous).

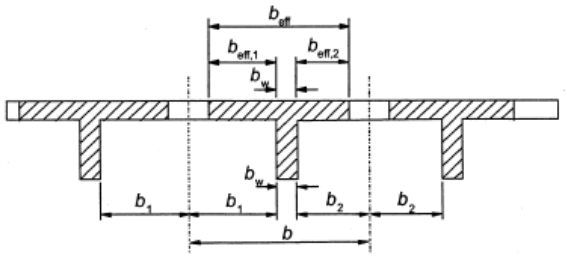


Figure 5.3 : Paramètres déterminant la largeur participante

b_{eff} = min (b; $b_{eff1}+b_w+b_{eff2}$)

1.3 Dimensionnement

1.31 Phase provisoire

1.311 Vérifications de fléchissement du solivage

Pour cette vérification, on tient compte du supplément de poids dû à l'épaisseur complémentaire de béton entraînée par le fléchissement du panneau (pour cette prise en compte, on peut simplement ajouter une surépaisseur fictive de béton, uniformément répartie, valant 0,7.f, f étant le fléchissement à mi-portée déterminé sans la surépaisseur).

Ce fléchissement à la pose peut être évalué par l'expression suivante :

$$f = k_f \frac{5 g \ell^4 . 10^6}{384 E_3 I_3}$$

f étant la flèche en cm

avec

ℓ = portée entre appuis et/ou étais éventuels, (en mètres)

g = Charge permanente du plancher (en daN/m²)

E_3 = Module d'élasticité du bois sous chargement court terme (Mpa)

I_3 = moment d'inertie de la section de solive (mm⁴)

k_f = coefficient fonction du nombre de travées en cas d'étaiement éventuels valant :

1 pour 1 travée

0,42 pour 2 travées égales

0,52 pour 3 travées égales

0,49 pour 4 travées égales.

1.312 Vérifications de fléchissement du platelage

On vérifie aux ELU (cf Pr EN 12871 §B2.3) que le platelage ne rompt pas sous une charge ponctuelle Q_k de 150 daN au minimum. La charge n'est pas supposée bouger pendant une période comprise entre 1 semaine et 6 mois. La charge ponctuelle est associée à une durée de charge de moyen terme. Les valeurs de k_{mod} seront prises en conséquence pour chaque type d'élément de platelage.

$$\frac{F_{\max,k,0.05} \times k_{mod}}{\gamma_M \times k_{dis}} \geq Q_k$$

Avec, selon la norme pr EN 12871

$F_{max,k,0.05}$: capacité résistante caractéristique au fractile à 5% pour une charge concentrée à l'état limite ultime

k_{dis} : Facteur de correction pour la conversion des charges d'essai, prenant en considération l'influence des dimensions et de la forme du poinçon.

Dans le cas où cette condition ne serait pas vérifiée, des dispositions doivent être prises pour empêcher la circulation des intervenants sur le coffrage.

1.32 Phase définitive

1.321 Justification du moment fléchissant

Solives bois :

Contrainte de traction

$$\sigma_{n,3} = \frac{\gamma_3 \times E_3 \times a_3 \times M_u}{(EI)_{ef}} \text{ (traction moyenne)}$$

Contrainte de flexion

$$\sigma_{m,3} = \frac{0{,}5 \times E_3 \times h_t \times M_u}{(EI)_{ef}} \text{ (flexion)}$$

Vérification tension – traction axiale combinée du Bois

$$\frac{\sigma_{n,3}}{f_{t,o,d}} + \frac{\sigma_{m,3}}{f_{m,d}} < 1$$

Avec :

$f_{t,0,d}$: Résistance de dimensionnement en traction du bois

$f_{m,,d}$: Résistance de dimensionnement en flexion du bois

M_u: moment de flexion de calcul maximum

Dalle béton :

$$\sigma_{n,1} = \frac{\gamma_1 \times E_1 \times a_1 \times M_u}{(EI)_{ef}}$$

$$\sigma_{m,1} = \frac{0{,}5 \times E_1 \times sc \times M_u}{(EI)_{ef}}$$

$\sigma_{1,max}=\sigma_{n,1}+\sigma_{m,1}$ (compression max au sommet de la dalle)

$\sigma_{1,min}=\sigma_{n,1}-\sigma_{m,1}$ (traction max dans la dalle collaborante -> reprise par l'armature)

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Section d'armatures inférieures de la dalle béton :

Dans le cas où l'axe neutre est situé dans la dalle béton :

$$Af = \frac{\left[b_{eff}.(a_2 - \frac{h_2}{2}) + S_{renformis} \right].\sigma_{1,\min}}{2.f_{y,d}}$$

Avec $S_{renformis}$ la section du renformis béton éventuel en mm².

Dans le cas où l'axe neutre est situé dans le renformis béton (lorsqu'il existe) :

$$Af = \frac{b_{renformis}.(a_3 - \frac{ht}{2}).\sigma_{1,\min}}{2.f_{y,d}}$$

Avec $b_{renformis}$ la largeur du renformis béton en mm.

1.322 Justification à l'effort tranchant

Solives bois

On vérifiera que :

$$\frac{\tau_{3,\max}}{f_{v,d}} \leq 1$$

Et

$$\tau_{3,\max} = \frac{E_3 \times S_3 \times T_u}{(EI)_{ef} \times b_t} = \frac{E_3 \times (h_t/2 + \gamma_3 \times a_3)^2 \times T_u}{2 \times (EI)_{ef}}$$

T_u: effort tranchant maximum de dimensionnement

Dalle béton

On se reportera aux vérifications usuelles d'une poutre type béton armée vis-à-vis des sollicitations de cisaillement au sens de la norme NF EN 1992-1-1.

- Vérification de la compression des bielles de béton

$$V_{Ed} \leq \nu\, f_{cd} \cdot \sin\theta_f \cdot \cos\theta_f$$

selon NF EN 1992-1-1 (§6.2.2) on a :

$$\nu = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right] \quad (f_{ck} \text{ en MPa})$$

- Vérification des sections d'armatures de reprise d'effort tranchant

Selon les dispositions de la NF EN 1994-1-1 (§6.6.6.2.1, Ref NF EN 1992-1-1 §6.2.4).

La contrainte de cisaillement longitudinale v_{Ed}, développée à la jonction entre un côté de la membrure et l'âme est déterminée par la variation d'effort normal (longitudinal) dans la partie de membrure considérée :

$$V_{Ed} = \Delta F_d / (h_1 \cdot \Delta x)$$

h_1 est l'épaisseur de la membrure à la jonction

Δx est la longueur considérée

ΔF_d est la variation de l'effort normal dans la membrure sur la longueur Δx

Δx = l/4 (EN 1992-1-1 6.2.4.3)

ΔFd = nb connecteurs en Δx pour force par connecteur /2

(4) L'aire de la section des armatures transversales par unité de longueur, A_{sf}/s_f, peut être déterminée comme suit :

$$(A_{Sf}\, f_{yd} / s_f) \geq V_{Ed} \cdot h_1 / \cot\theta_f$$

Afin d'éviter l'écrasement des bielles de compression dans la membrure, il convient par ailleurs de vérifier :

$$V_{Ed} = \nu\, f_{cd} \cdot \sin\theta_f \cdot \cos\theta_f$$

1,0 ≤ cot θ_f ≤ 2,0 pour les membrures comprimées (45° ≥ θf ≥ 26,5°)

1,0 ≤ cot θ_f ≤ 1,25 pour les membrures tendues (45° ≥ θ_f ≥ 38,6°)

θ_f = 45°

Vérifications armature transversale (§6.21)

A_{sf}/s_f = quantité d'armature transversale mini par unité de longueur = v_{Ed} x h_f / f_{yd}

Armature mini:

Selon NF EN 1994-1-1 (§6.6.6.3) renvoi à la NF EN 1992-1-1 (§9.2.2 (5))

Le taux d'armatures d'effort tranchant est donné par :

$$\rho_w = A_{SW} / (s_{arm}.b_w.\sin\alpha)$$

Où :

ρ_w est le taux d'armatures d'effort tranchant

A_{SW} est l'aire de la section des armatures d'effort tranchant régnant sur la longueur s

s_{arm} est l'espacement des armatures d'effort tranchant, mesuré le long de l'axe longitudinal de l'élément

b_w est la largeur de l'âme de l'élément

α est l'angle entre les armatures d'effort tranchant et l'axe longitudinal

$$\rho_{w,\min} = \left(0{,}08\sqrt{f_{ck}}\right) / f_{yk}$$

Il est opportun ne pas mettre en œuvre moins d'une armature tous les 33 cm (3 barres/ mètre).

Vérification connecteur

Il convient de vérifier que :

$$\frac{F_{3,\max}}{R_{con,vd}} \leq 1$$

Avec

$R_{con,vd}$ (en N) : la résistance en cisaillement de la connexion calculée selon le §1.14 de cette annexe.

Et $F_{3,max}$ (en N) : l'effort de cisaillement maximum sur la connexion

$$F_{3,\max} = \frac{\gamma_3 \times E_3 \times A_3 \times a_3 \times s \times T_u}{(EI)_{ef}} \quad [N]$$

T_u: effort tranchant maximum de dimensionnement

1.323 Vérification sous chargement permanent

Les caractéristiques élastiques prises en compte sont réduites pour pouvoir considérer le fluage (du Béton, du Bois et de la Connexion).

$$(EI)_{ef,\inf} = \sum_{i=1}^{3} \left(E_{i,\inf} I_i + \gamma_i E_{i,\inf} A_i a_i^2\right)$$

La réduction est obtenue par la prise en compte des coefficients de fluage. Les valeurs de calcul sont obtenues par la moyenne des caractéristiques entières et réduites pondérées en fonction de la durée des charges.

Béton :

$$E_{1,\inf} = E_1 x \frac{\frac{\gamma_g \times G_p + \psi_2 \times \gamma_q \times Q_a}{1+\phi} + \frac{(1-\psi_2) \times \gamma_q \times Q_a}{1}}{\gamma_g \times G_p + \gamma_q \times Q_a}$$

Bois :

$$E_{3,inf} = E_3 \times \frac{\dfrac{\gamma_g \times G_p + \psi_2 \times \gamma_q \times Q_a}{1+K_{def}} + \dfrac{(1-\psi_2)\times \gamma_q \times Q_a}{1}}{\gamma_g \times G_p + \gamma_q \times Q_a}$$

Connexion :

$$K_{,u,inf} = K_{,u} \times \frac{\dfrac{\gamma_g \times G_p + \psi_2 \times \gamma_q \times Q_a}{1+K_{def}} + \dfrac{(1-\psi_2)\times \gamma_q \times Q_a}{1}}{\gamma_g \times G_p + \gamma_q \times Q_a}$$

G_p : charges permanentes caractéristiques

Q_a : charges d'exploitation caractéristiques

Ψ_2 = coefficient correspondant à la part quasi permanente de l'action Q_a.

Le calcul est exécuté de nouveau en employant les valeurs ainsi obtenues des caractéristiques élastiques.

1.324 Justification du critère de déformation (ELS)

Déformation sous chargement court terme

En tenant compte de la rigidité de connexion aux ELS

$\gamma_1 = \gamma_2 = 1$

$$\gamma_3 = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_3 \times A_3 \times s}{K_{ser} \times lt^2}\right]^{-1}$$

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \times E_1 \times A_1 \times (sc + h_2) - \gamma_3 \times E_3 \times A_3 \times (h_2 + h_t)}{2 \times (\gamma_1 \times E_1 \times A_1 + \gamma_3 \times E_3 \times A_3)}$$

$a_1 = (sc+2)/2 - a_2$

$a_3 = (h_2 + h_t)/2 + a_2$

$(EI)_{ef} = E_1 x I_1 + E_3 x I_3 + \gamma_1 x E_1 x A_1 x a_1^2 + \gamma_3 x E_3 x A_3 x a_3^2$

Flèche active

Les critères de fléchissement sont les suivants :

1/500 si L ≤ 5.0 mètres

0.5 cm + 1/1000 si L ≥ 5.0 mètres

En cas de revêtements non fragiles, le critère de fléchissement est :
1/350 si L ≤ 3.5 mètres

0.5 cm + 1/700 si L ≥ 3.50 mètres

Déformation sous chargement permanent

On considère la combinaison des charges permanentes et de la part quasi permanentes des charges d'exploitation : $G_k + \Psi_{2,1} Q_{k,1} + \Psi_{2,i} Q_{k,i}$

Dans le cas des planchers qui n'ont pas à supporter des cloisons maçonnées ou des revêtements de sol fragiles, il s'agit de vérifier la flèche finale $W_{net,\ fin}$ telle que :

$$W_{net,fin} \leq \frac{lt}{250}$$

Les caractéristiques élastiques pondérées pour contempler le fluage (du béton, du bois et de la connexion) sont prises en compte. Les caractéristiques élastiques sont pondérées par l'application des coefficients du fluage ; les valeurs de calcul s'obtiennent par la moyenne des caractéristiques élastiques totales pondérées selon la durée d'application de la charge.

$$E_{1,inf} = E_1 \times \frac{\dfrac{G_p + \psi_2 \times Q_a}{1+\Phi} + \dfrac{(1-\psi_2)\times Q_a}{1}}{G_p + Q_a}$$

$$E_{3,inf} = E_3 \times \frac{\dfrac{G_p + \psi_2 \times Q_a}{1+K_{def}} + \dfrac{(1-\psi_2)\times Q_a}{1}}{G_p + Q_a}$$

$$K_{ser,inf} = K_{ser} \times \frac{\dfrac{G_p + \psi_2 \times Q_a}{1+K_{def}} + \dfrac{(1-\psi_2)\times Q_a}{1}}{G_p + Q_a}$$

Le calcul est élaboré de nouveau en prenant cette corrélation des caractéristiques élastiques :

$\gamma_1 = \gamma_2 = 1$

$$\gamma_3 = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_3 \times A_3 \times s}{K_{ser} \times lt^2}\right]^{-1}$$

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \times E_{1,inf} \times A_1 \times (sc + h_2) - \gamma_3 \times E_{3,inf} \times A_3 \times (h_2 + h_t)}{2 \times (\gamma_1 \times E_{1,inf} \times A_1 + \gamma_3 \times E_{3,inf} \times A_3)}$$

$a_1 = (sc+h_2)/2 - a_2$

$a_3 = (h_2 + h_t)/2 + a_2$

$(EI)_{ef,inf} = E_{1,inf} x I_1 + E_{3,inf} x I_3 + \gamma_1 x E_{1,inf} x A_1 x a_1^2 + \gamma_3 x E_{3,inf} x A_3 x a_3^2$

1.325 Exemple de taux de collaboration entre dalle et solives à l'ELS sous chargement permanent

Les solives sont en feuillus de classe D30. Les connecteurs sont de type Maxi avec un platelage de 20 mm d'épaisseur.

$$\gamma_3 = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_3 \times A_3 \times s}{K_{ser} \times lt^2}\right]^{-1} = 0{,}26$$

Avec

E_3 (module d'élasticité du bois) = 11000 MPa

A_3 (section de solive) = 140 mm x 180 mm = 25200 mm²

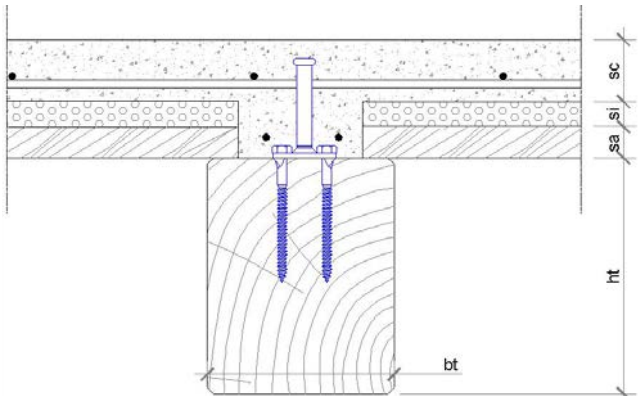
s (distance constante entre connecteurs) = 200 mm

K_{ser} rigidité aux ELS : 7.68 kN/mm

lt (longueur de solives) = 5.0 mètres

2. Cas 2 : plancher à cadre simple, connecteur TECNARIA BASE sur poutre, platelage scié + rehausse d'isolant.

Plancher à cadre simple, connecteur TECNARIA BASEsur poutre platelage scié + rehausse d'isolant.



Compléments par rapport à la partie 1 :

Connecteur dans section de béton, largeur du renformis réduite.

On applique le coefficient de réduction de la résistance kl comme selon la norme : NF EN 1994-1-1.

Les goujons sont situés dans une région de béton en forme de renformis. Lorsque la plaque est continue au passage de la poutre, la largeur du renformis b0 est égale à la largeur de la nervure de béton. Il convient de prendre h_p la hauteur du renformis.

Il convient de prendre la résistance au cisaillement de calcul égale à la résistance dans une dalle pleine, multipliée par le facteur de réduction kℓ donné par l'expression suivante :

$$k_l = 0{,}6 \frac{b_0}{h_p}\left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1\right) \leq 1{,}0$$

$h_p = s_a + s_i$

h_{sc} est la hauteur hors-tout du goujon, mais sans être supérieure à h_p + 75 mm.

Résistance en cisaillement de la connexion : cette valeur est prise comme la valeur de calcul minimum entre le terme de cisaillement du connecteur et de la compression béton d'une part (P_{Rd}) et la terme de cisaillement côté bois d'autre part ($F_{con,d}$)

F = min ($F_{con,d}$, kl x P_{Rd})

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Exemple de taux de collaboration à l'ELS entre dalle et solives :

Les solives sont en feuillus de classe D30. Les connecteurs sont de type BASE sans platelage.

$$\gamma_3 = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_b \times A_b \times s}{K_{ser} \times lt^2}\right]^{-1} = 0{,}40$$

Avec

E_b (module d'élasticité du bois) = 11000 MPa

A_b (section de solive) = 160 mm x 200 mm = 32000 mm²

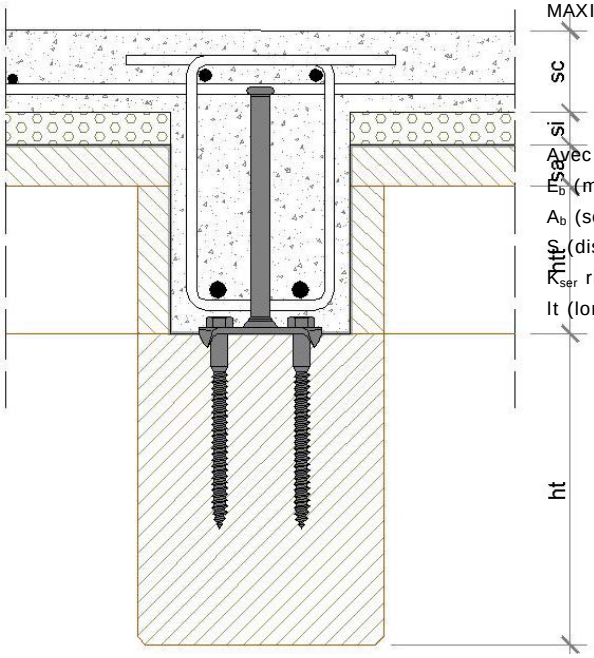
s (distance entre connecteurs) = 175 mm

K_{ser} rigidité aux ELU : 16.5 kN/mm

lt (longueur de solives) = 5.0 mètres

3. Cas 3 : plancher à double cadre, connecteur TECNARIA MAXI sur poutre, platelage scié + rehausse d'isolant.

Plancher à double cadre, Connecteur TECNARIA Maxi sur poutre, Platelage scié + rehausse d'isolant.



Complément par rapport à la partie 1

3.1 Vérification renformis au droit des poutres collaborantes – armature transversale

Les étriers sont mis afin d'assurer le couturage du connecteur avec la table de compression lorsque la hauteur du renformis est supérieure à la largeur (voir figures 4 du Dossier Technique). Dans ce cas, il n'y a pas nécessité d'utiliser le facteur K_l introduit au paragraphe précédent.

Selon les dispositions de la NF EN 1994-1-1 (§6.6.6.2.1, Ref NF EN 1992-1-1 §6.2.4)

$$V_{Ed} = \Delta F_d / (h_f \cdot \Delta x)$$

$h_f = (b_t - 2\, s_{tc})$

Δx = l/4 = (EN 1992-1-1 §6.2.4.3)

ΔF_d=nb connecteurs en Δx pour force maxi par connecteur

$$(A_{Sf}\, f_{yd} / s_f) \geq v_{Ed} \cdot h_f / \cot\theta_f$$

θ_f = 45°

Vérifications armature transversale (§6.21)

Asf/sf = quantité d'armature transversale par unité de longueur = v_{Ed} x h_f / f_{yd}

Armature mini :

Selon NF EN 1994-1-1 (§6.6.6.3) renvoi à la NF EN 1992-1-1 (§9.2.2 (5))

$$\rho_w = A_{SW} / (s.b_w.\sin\alpha)$$

$$\rho_{w,\min} = \left(0{,}08\sqrt{f_{ck}}\right) / f_{yk}$$

Espacement $s_{f\ mini} = A_{sf} / (\rho_{w,min} \times s_c)$

Il est opportun ne pas mettre en œuvre moins d'une barre tous les 33 cm (3 barres B500 Ø6mm/ mètre, comme valeur d'espacement s_f).

3.2 Vérifications renformis au droit des poutres collaborantes. Vérifications bielles de compression

Afin d'éviter l'écrasement des bielles de compression dans la membrure, il convient par ailleurs de vérifier :

$$V_{Ed} \leq \nu\ f_{cd} \cdot \sin\theta_f \cdot \cos\theta_f$$

selon NF EN 1992-1-1 (§6.2.2) on a :

$$\nu = 0{,}6\left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right] \quad (f_{ck} \text{ en MPa})$$

Exemple de taux de collaboration à l'ELS entre dalle et solives :

Les solives sont en feuillus de classe D30. Les connecteurs sont de type MAXI sans platelage.

$$\gamma_3 = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_b \times A_b \times s}{K_{ser} \times lt^2}\right]^{-1} = 0{,}47$$

Avec

E_b (module d'élasticité du bois) = 11000 MPa

A_b (section de solive) = 160 mm x 200 mm = 32000 mm²

s (distance entre connecteurs) = 175 mm

K_{ser} rigidité aux ELS : 21.20 kN/mm

lt (longueur de solives) = 5.0 mètres

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Annexe 2 : modules de glissement et résistances en cisaillements caractéristiques

Les tableaux ci-dessous indiquent les valeurs de résistances en cisaillement caractéristiques et de modules de glissement des connecteurs.

Connecteur	Platelage	Bois	$F_{v,Rk}$	K_{ser}	K_u
			kN	kN/mm	kN/mm
BASE	sans	C16, GL24 et +	17,2	17,9	9,99
		D30 et +	19,5	16,5	9,87
	20mm	C16, GL24 et +	8,96	4,00	2,49
		D30 et +			
	40mm	C16, GL24 et +	5,86	1,43	1,20
		D30 et +			
MAXI	sans	C16, GL24 et +	19,3	18,6	10,4
		D30 et +	24,5	21,2	13,6
	20mm	C16, GL24 et +	15,0	7,68	4,35
		D30, GL24 et +			
	40mm	C16, GL24 et +	11,3	3,06	2,66
		D30 et +			

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

A. Description

1. Principe et domaine d'emploi proposé

La section mixte bois-béton TECNARIA est un procédé de plancher qui permet de connecter une dalle en béton à des poutres en bois. La connexion est assurée par des connecteurs, ancrés dans le bois par des tire-fonds et dont l'ergot est noyé dans le béton. La mise en œuvre de la connexion permet d'optimiser la contribution de chacun des composants principaux du plancher que sont le bois, les connecteurs et le béton, tout en justifiant la flèche finale par calcul.

La connexion assure la transmission d'efforts de cisaillement entre la dalle en béton en compression et les solives en bois en traction.

La section mixte bois-béton TECNARIA permet le renforcement et le raidissement de planchers existants, dans le cadre d'une rénovation, et d'en augmenter la charge admissible. Dans la conception et la mise en œuvre de structures neuves, que ce soit par le biais d'une préparation préalable de la connexion en atelier ou bien par la pose des connecteurs sur chantier, cela permettra de réduire la hauteur de plancher à résistance et rigidité équivalentes par rapport à un plancher non connecté.

Tous les types de bâtiments sont concernés, que ce soit en résidentiel, Etablissements Recevant du Public, tertiaire, commercial etc…, dont la structure porteuse peut être en béton armé ou en maçonnerie, en acier ou en bois.

L'utilisation du procédé est possible dans les zones de sismicité 1 à 4 pour bâtiment à risque normal de catégorie I à IV, et en zone 5 pour les bâtiments de catégorie I et II (absence de séisme vertical selon EN 1998 pour ces zones et catégories).

Le concept de la connexion TECNARIA peut être appliqué aux planchers et aussi aux toitures, planes.

Dans tous les cas de figure, l'intervention de renforcement est soumise à une vérification de calcul d'usage.

La mise en œuvre des connecteurs est accessible à toute entreprise. La vérification des hypothèses de calcul sera exécutée par le Bureau d'Etudes Techniques de l'opération.

TECNARIA propose aux BET son support en termes de :

- Formation initiale
- Exécution des calculs
- Mise en œuvre.

2. Matériaux : définition

2.1 Connecteurs

La société TECNARIA fabrique des connecteurs métalliques utilisés pour la mise en œuvre de planchers mixtes bois-béton. Ces connecteurs existent en version BASE et MAXI. Les connecteurs TECNARIA reçoivent une protection de surface par zingage électrolytique qui assure une excellente qualité de surface des pièces jusqu'à la pose définitive. Le risque de blessure aux mains au contact des connecteurs, du fait de leur finition de surface soignée, est pratiquement nul.

Les connecteurs sont marqués TECNARIA et sont constitués d'une plaque de base, dont les quatre angles sont repliés vers le bas pour former les crampons, et sur laquelle est fixé un ergot par calquage à froid. La plaque sera ensuite maintenue en place par le vissage de deux tire-fonds sur la poutre, à travers les deux orifices pratiqués à cet effet.

Les vis tire-fonds sont marquées de la lettre T sur la tête et sont spécifiques pour la fixation des connecteurs TECNARIA.

En outre, les connecteurs n'ont pas besoin d'être fixés par de la colle ni par de la résine. Leurs tire-fonds se suffisent à eux-mêmes pour le maintien des connecteurs en position parfaitement ancrée dans le bois.

Les connecteurs BASE sont composés d'une plaque de base de 50 X 50 X 3,8 mm, modelée à crampons, ayant deux orifices pour l'introduction de deux vis tire-fonds de Ø 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.

Les connecteurs MAXI sont composés d'une plaque de base de 75 X 50 X 3,8 mm, modelée à crampons, ayant deux orifices pour l'introduction de deux vis tire-fonds de Ø 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.

La longueur des tire-fonds à employer dépend des dimensions du support sur lequel ils seront fixés et de la méthode de pose prise en compte dans le calcul.

2.2 Poutres et solives

Les poutres et solives entrant dans la conception des planchers et destinées à recevoir les connecteurs doivent être de caractéristiques de qualité suivantes ou supérieures :

- Bois massif résineux, qualité minimum C18 selon NF EN 338 pour les chantiers neufs et C16 en réhabilitation.
- Bois massif feuillus, qualité minimum D30 selon NF EN 338
- Bois Lamellé collé, qualité minimum GL24 selon NF EN 1194.

Les solives, pour pouvoir recevoir la connexion, devront avoir les dimensions minimum suivantes : 60 mm de large et 80 mm de hauteur.

Les poutres sont en bois massif, ou lamellé-collé, et correspondent au minimum aux spécifications de la catégorie II selon la norme NF B52-001, ayant reçu, si nécessaire, un traitement approprié pour la destination des ouvrages et conforme aux règles de la construction en vigueur. Les poutres peuvent être rabotées ou non.

L'utilisation de section mixte bois-béton TECNARIA est possible pour les classes de service 1 et 2. La durabilité du bois (naturelle ou après traitement) sera adaptée aux conditions d'emploi, au risque biologique et conforme aux normes en vigueur.

Lorsqu'il y a dans le même plancher un changement de direction de portée, il faudra considérer les deux parties comme deux planchers indépendants, à jointer. Pour appliquer le concept de la connexion TECNARIA le rapport des portées adjacentes doit être compris entre 0,8 et 1,2.

Dans le cas de plancher existant, un examen préalable de la situation devra être accompli avant le dimensionnement de la connexion et sa mise en œuvre. (cf. voir détail § 3.2)

2.3 Platelage

Dans le cas d'une rénovation, il est possible d'utiliser le platelage existant, s'il est en mesure de recevoir le béton, ou bien de le remplacer par un panneau de fond de coffrage, type OSB selon la norme NF EN 300, panneaux de particules P4/5/6/7 suivant la norme NF EN 312 et panneaux de contreplaqué selon la norme NF EN 636. Dans le cas de pose de connecteur sur le platelage, son épaisseur n'excèdera pas 40mm. Cette dernière solution est parfaitement valable pour le neuf.

Il est naturellement possible, en alternative, d'utiliser un coffrage perdu ou réutilisable qui sera, selon la situation, déposé après la prise et le durcissement du béton. Dans le cas de coffrage perdu, l'appui sur les poutres et/ou solives ne devra pas être < 15 mm, en veillant toutefois à respecter les indications du fabricant concernant l'emploi et les entraxes maximum. Dans ce dernier cas il faudra s'assurer que le béton reste bien en place et ne provoque pas de salissures par la laitance.

2.4 Rehausse – Renformis

Il est possible de mettre en œuvre une rehausse, en général un matériau isolant, de type fond de coffrage, pour favoriser la formation du renformis au droit des poutres ou solives et augmenter ainsi l'inertie des poutres en béton au droit de celles-ci. De cette façon la section mixte tire deux avantages fondamentaux de la présence de l'isolant sous le béton de la dalle : l'augmentation du rendement de la section mixte bois-béton et la contribution à l'isolation acoustique et thermique du plancher.

La continuité du béton doit être assurée au droit de la poutre et la largeur de la semelle de béton est spécifiée dans la note de calcul. Le matériau isolant, sous forme de panneau ou autre, doit être conforme au prescriptions de l'Avis Technique en matière de réaction au feu

La distance entre l'axe du connecteur et l'isolant doit être égale à l'épaisseur de l'isolant, avec comme valeur minimum 5 cm.

2.5 Béton

Le béton structurel est conforme aux exigences formulées selon : NF EN 1992-1-1 (octobre 2005).

La valeur de résistance caractéristique minimum est C20/25 pour le béton selon NF EN 206/CN.

La granulométrie du béton retenue est standard. Le diamètre des granulats sera donc ≤ 20 mm.

L'épaisseur de la dalle collaborante est déterminée par calcul et tient compte des conditions d'exercice de celle-ci. L'épaisseur minimum est de 5 cm.

L'épaisseur minimum est de 7 cm en cas de vérification en situation de séisme.

Dans la plupart des cas, les poutres doivent être étayées avant le coulage du béton. La vérification est faite au moment du calcul. Le maintien des étais est prévu jusqu'à ce que la résistance du béton permette de reprendre les efforts de chantier.

Les armatures de la dalle sont constituées essentiellement par le treillis soudé, selon les indications de la norme NF EN 1992-1-1. Dans certains cas, des barres supplémentaires sont prévues et des étriers peuvent être mis en place au droit des poutres, de façon à assurer la continuité de la connexion sur toute la section de béton coulée au dessus des poutres bois.

En cas de vérification en situation de séisme, 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).

3. Méthode de calcul

Le calcul de dimensionnement d'un plancher mixte bois-béton TECNARIA et de tous les éléments constitutifs de sa mise en œuvre doit être visé par un B.E.T ou par le Maître d'Ouvrage lui-même. Il doit tenir compte des conditions de calcul exposées dans le présent Avis Technique.

Pour faciliter le travail de dimensionnement des sections mixtes bois-béton (et non le plancher dans son ensemble), une notice destinée aux bureaux d'études techniques présente la méthodologie complète avec des exemples da calculs.

3.1 Planchers neufs

Dans le cas de planchers neufs, les caractérisations à prendre en compte sont celles remises par le fournisseur du bois. L'avantage de dimensionner la connexion pour un plancher neuf est que les paramètres du bois peuvent être optimisés : tels que l'entraxe et la section, en cohérence complète avec les autres éléments du plancher tels que le béton, les armatures et les éventuelles rehausses d'isolant.

3.2 Planchers existants

Avant de pouvoir prendre en compte les éléments de structure existants, il est nécessaire de procéder à un relevé détaillé des éléments fondamentaux du calcul : section efficace du bois, portée, entraxe, état du bois, les déformations, classification du bois de la structure, et définir si le platelage peut recevoir le béton comme fond de coffrage.

En cas de situation problématique identifiée sur le chantier visé concernant la classification d'une ou plusieurs pièces de la structure, il sera possible d'approfondir l'examen par une visite sur place de la part d'un expert ou bien de confier à un laboratoire spécialisé les essais qui s'imposent.

La mise en conformité de la structure consistera en un remplacement des pièces défectueuses ou bien un renforcement localisé, selon les règles de l'art, de façon à ce que les conditions de la structure soient assez homogènes, avant de recevoir la connexion.

Ces décisions seront prises et mises en œuvre à la lecture des observations rédigées par l'expert ou bien le laboratoire spécialisé.

Dans le cas de poutres anciennes et neuves sur le même plancher, il sera nécessaire de prendre en compte les différentes conditions d'humidité, flèche et/ou appuis dans la conception du plancher.

3.3 Dalle collaborante en béton

La procédure de calcul, comme décrite dans l'Avis Technique TECNARIA, permet la vérification de section mixte bois-béton.

Un ensemble de plusieurs poutres mixtes constitue un plancher, à condition que la structure secondaire employée pour la répartition des charges aux poutres mixtes soit convenablement dimensionnée.

Si le plancher est à simple cadre, c'est-à-dire quand il n'y a qu'un seul sens de poutraison (ou solivage), la structure secondaire est composée de la seule dalle collaborante en béton qui est partie intégrante de la section mixte.

Si le plancher est à double cadre, cela signifie qu'il y a un solivage transversal aux poutres et dont le rôle consiste à rapporter les charges aux poutres principales.

Un cas typique de ce genre de plancher est constitué de poutres principales et de solivage en bois qui est lui-même connecté à la dalle collaborante, de façon à ce que les solives soient elles-mêmes vérifiées comme poutres mixtes, ayant, comme portée de calcul, la distance entre deux poutres principales.

Dans tous les cas de figure, la structure secondaire est soumise à vérification et doit être convenablement dimensionnée en fonction des matériaux qui la composent.

Si ce matériau est le béton de la dalle collaborante, le béton devra être dimensionné selon les indications relatives aux structures en béton : les vérifications à effectuer seront celles à l'État Limite de Service et à l'État Limite Ultime.

Au cas où la structure secondaire soit en bois, la connexion sera dimensionnée comme expliqué plus haut. Dans de très rares cas de figure, il se pourrait que la connexion du second cadre en bois ne soit pas nécessaire.

L'objectif du dimensionnement de la connexion est de définir la typologie de connecteurs à mettre en œuvre, leur hauteur et leur répartition.

Au cours de cette phase, les armatures complémentaires sont dimensionnées à leur tour. L'armature minimum est constituée d'un treillis soudé type ST 15C, auquel peuvent être ajoutés, le cas échéant, des renforts tels que une ou plusieurs barres, à placer au droit des poutres et/ou solives exprimées en aire d'acier (cm²), des étriers qui pourront assurer le prolongement de la connexion.

Le dimensionnement permettra de déterminer le besoin en rehausse d'isolant ou non, de façon à augmenter la contribution du béton à la résistance mécanique de la section mixte, sans pénaliser la section elle-même par l'apport excessif de poids propre à reprendre par la section mixte.

3.4 Calcul sismique

Lors d'un séisme, les planchers ont pour rôle, outre leur fonction d'éléments porteurs vis-à-vis des charges verticales :

- D'une part, de former diaphragme dans leur plan afin de transmettre les efforts sismiques horizontaux aux éléments verticaux de contreventement.

- D'autre part, de maintenir la liaison entre les divers éléments de la structure (fonctionnement en buton et tirant) afin d'assurer le monolithisme de la construction.

- Enfin, il convient également de veiller à l'intégrité des planchers lors d'un séisme (détermination de ses armatures dans le cas d'un plancher en béton armé).

La fonction diaphragme est assurée par la présence de la dalle de compression coulée en œuvre sur toute la surface du plancher. D'après l'EN 1998-1, une dalle pleine de béton ayant une épaisseur minimum de 7 cm, armée dans les deux directions horizontales en respectant les sections minimales de l'EN 1992-1-1 art 9.3.1.1(1) et correctement connectée aux éléments verticaux peut être considérée comme rigide (article 5.10(1) de l'EC 8).

Il est possible d'envisager un plancher coulé sur prédalles. Dans le cas de planchers coulés sur bacs collaborants, on adoptera une épaisseur minimale de béton au-dessus de l'onde de 7cm minimum pour respecter l'hypothèse de diaphragme rigide.

Les diaphragmes doivent pouvoir transmettre, avec une sur-résistance suffisante, les effets de l'action sismique aux divers contreventements auxquels ils sont liés ; cette prescription est considérée comme satisfaite si, pour effectuer les vérifications de résistance appropriées, les effets de l'action sismique sont multipliés par un coefficient de sur-résistance γd = 1,1 conformément à l' EN 1998-1 §4.4.2.5.

Le principe de justification du diaphragme béton lui-même (dalle Béton

Armé) n'est pas propre au système des planchers mixtes Bois-Béton, il relève du calcul traditionnel de béton armé. Les dispositions des articles 5.10 et 5.11 de l'EN 1998 devront en outre être respectées.

Pour transmettre les effets de l'action sismique aux contreventements bois, les connecteurs TECNARIA utilisables sont les CTL MAXI.

Cas de la réhabilitation en Zone Sismique, il est souvent intéressant d'améliorer le contreventement du bâtiment par la création de diaphragme rigide tout en dotant le bâtiment d'un chaînage périphérique. En limitant l'apport de charge ou même parfois sans même recharger le bâtiment existant, via le retrait de certains matériaux constitutifs des planchers (matériaux de remplissage de type bousillage par exemple), la réalisation d'un plancher bois-béton est une réponse adaptée à la problématique tout en ayant la possibilité de conserver la poutraison bois existante.

L'EN 1998-3 « Évaluation et Renforcement des Bâtiments » reconnaît d'ailleurs l'adéquation de cette solution technique au §C5.1.3 :

« C.5.1.3 Renforcement et raidissement des diaphragmes horizontaux [...] ii. coulage d'une couche mince en béton armée d'un treillis soudé. Il convient que la couche en béton comporte des connecteurs avec le plancher en bois et soit ancrée dans les murs, ».

Une analyse préalable de la structure existante doit permettre de vérifier la capacité portante des maçonneries et fondations.

Le point particulier principal et devant faire l'objet d'un soin particulier est la liaison du diaphragme en Béton Armé aux murs existants.

On pourra se reporter à la référence bibliographique « Renforcement parasismique des bâtiments – Guide Méthodologique pour le renforcement préventif du bâti existant / CSTB, Édition 2010 » exposant des méthodes de renforcement de l'existant.

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Pour que le diaphragme transmette correctement les efforts sismiques aux murs, il convient de :

- créer un chaînage périphérique au diaphragme (dans le diaphragme lui-même ou dans une engravure périphérique créée dans les murs).

- de sceller des armatures de liaison entre maçonnerie et diaphragme.

Le respect de ces principes ne sont pas propres à la technologie « planchers mixtes Bois-Béton ».

3.5 Calcul feu

Le calcul s'effectue sans prendre en compte la présence des connecteurs.

3.6 Calcul de la déformation

Le dimensionnement se fait sur la poutre de plus grande portée. Le "fléchissement actif" des planchers pouvant nuire à l'intégrité des cloisons maçonnées ou aux revêtements de sol fragiles comporte :

- les déformations différées sous l'action du poids propre du plancher,
- les déformations totales dues aux charges permanentes mises en œuvre après les éléments fragiles,
- les déformations différées sous l'action de toutes les charges permanentes,
- les déformations totales dues à la part quasi permanente des charges d'exploitation.

La flèche active est limitée à L/500 pour L< 5,00 m et 0,5 cm + L/1000 pour L≥ 5,00 m dans le cas de cloisons ou revêtements fragiles, et à L/350 pour L< 3,50 m et 0,5 cm + L/700 pour L≥ 3,5 m dans les autres cas.

Le fléchissement dû à toutes les charges est limité conventionnellement à 1/250 de la portée.

4. Mise en œuvre

La mise en œuvre de la connexion consiste à fixer les connecteurs selon le descriptif de la note de calcul, et prévoit toutes les composantes de la section mixte en termes de géométrie et positionnement : étaiement (ou non), platelage ou coffrage, rehausse (ou non), connecteurs, armatures et dalle béton.

Les différentes phases de la mise en œuvre de la connexion concernent aussi la préparation de la structure destinée à recevoir la connexion, et prennent fin au moment de la dépose des étais, si présents, et au moment du durcissement définitif du béton de la dalle collaborante.

Aussi, et pour garantir la bonne connaissance préalable des différentes séquences de pose, un guide d'instructions de pose est remis lors de chaque livraison (cf : guide d'instructions de mise en œuvre).

La fixation des connecteurs dans la poutraison et/ou le solivage est très peu invasive dans la mesure où le tire-fond retenu pour la typologie BASE est de ∅ 8 mm et ∅ 10 mm pour la typologie MAXI.

Les différentes séquences de la pose seront idéalement exécutées dans l'ordre suivant, et sont communes aux planchers en rénovation et neufs, sauf mention explicite :

1. Vérification des appuis : état des poutres, des supports et alignements des poutres, surtout dans le cas de rénovation du plancher.
2. Mise en place de l'étaiement retenu et mise en sécurité avant démarrage des travaux. Lorsqu'il n'est pas possible d'étayer en sous-face, par manque d'accessibilité à l'étage inférieur ou pour toute autre raison, il est possible d'avoir recours à des tirants fixés aux murs ou aux poutres de l'étage supérieur. Dans ce cas, les tirants sont fixés sur les poutres à connecter. (cf instructions spécifiques disponibles sur demande).
3. Percer les orifices des murs périmetraux qui seront destinés à recevoir les ancrages périmetraux évitant la coïncidence avec les appuis des poutres et/ou solives. La hauteur du percement est déterminée par l'enrobage voulu des barres dans la dalle collaborante.
4. Rénovation du plancher : dégager le platelage sur les poutres et vérifier sa bonne tenue. Procéder éventuellement à la transformation du platelage selon le système de pose : si le connecteur doit être posé à même la poutre et/ou le solivage, il faut scier le platelage ou le carotter, de façon à laisser un couloir libre de au moins 60 mm (attention à la largeur des supports) (sinon voir §4.8). En cas de pose des connecteurs sur le platelage, son épaisseur ne pourra pas excéder 40 mm. Le platelage doit être de forme suffisante pour assumer la phase provisoire de montage : épaisseur, entraxe, longueur des appuis, fixation sur la poutre et typologie de panneau.
5. Plancher neuf : clouer le platelage sur les poutres en tenant compte du système de pose retenu : si le connecteur doit être posé sur le platelage, les panneaux doivent couvrir la totalité de la surface à connecter. Les clous seront fixés en tenant compte de la position des connecteurs. Sinon, poser les panneaux de façon à laisser un couloir libre de au moins 60 mm au droit des poutres et/ou solives (attention à la largeur des supports). Il est possible d'employer un autre matériau comme fond de coffrage, ou bien une banche à béton. Les précautions d'usage sont les mêmes que pour le cas de coffrage du béton : il doit être mis en place de manière telle à ne pas laisser passer la laitance au moment du coulage proprement dit. Les autres matériaux de construction employés comme fond de coffrage dans les applications courantes sont donc parfaitement recevables ici.
6. Étaler, si nécessaire, un écran de protection imperméable et transpirant. L'écran de protection peut être de type film plastique ou, mieux encore, microporeux (type Centuria de TECNARIA). Si le type de pose retenu est le carottage, l'écran sera entaillé et découpé à l'emplacement prévu des connecteurs pour faciliter l'opération de carottage. Afin de maintenir en position le film en question, il pourra être agrafé.
7. Positionner les emplacements des connecteurs selon les espacements prévus par la note de calcul. Les espacements sont de deux types : homogène, c'est-à-dire que la distance entre chaque connecteur est la même sur toute la longueur de la poutre, ou bien variable, c'est-à-dire que la longueur de la poutre à connecter est divisée en trois segments : les ¼ gauche et droit et le ½ central. Le premier espacement concerne la distance entre connecteur dans les deux ¼ et le second espacement concerne la distance entre les connecteurs qui se trouvent dans la partie ½ centrale de la poutre. La proportion de la répartition entre ces deux zones ¼ et ½ de la longueur sont du simple au double. C'est-à-dire que si la distance entre les connecteurs de la zone ¼ est de 20 cm, la distance entre connecteurs de la zone ½ sera de 40 cm. Il est tout à fait possible de convertir l'espacement entre connecteurs en créant une double file de connecteurs (jusqu'à trois files admises): par exemple, si la note de calcul prévoit un espacement de 15 cm entre connecteurs pour une pose homogène sur toute la poutre, la distance devient deux connecteurs côte à côte tous les 30 cm avec une double file. En revanche, la distance minimum entre deux connecteurs est de 60 mm (d'ergot à ergot). De plus, dans le cas de plancher à double cadre, la fixation des connecteurs sur le premier cadre ne peut être qu'à contact direct sur la poutre. Dans le cas où les solives soient continués au droit des poutres, il faut donc adapter l'espacement calculé en tenant compte de la place disponible sur la poutre, entre les solives. L'important ici est de respecter le nombre de connecteurs calculé pour chaque segment (si espacement variable : chaque segment ¼ et ½ aura le nombre prévu de connecteurs). Pour finir, l'espacement maximum entre connecteurs, pour permettre à la connexion d'être efficace, est de 50 cm.
8. Carottage : si la solution de pose retenue prévoit le carottage du platelage, à l'emplacement prévu des connecteurs comme décrit au §7, à l'aide d'une fraise de Ø 65 mm pour les connecteurs BASE et 90 mm pour les connecteurs MAXI, procéder au fraisage de l'épaisseur totale du platelage.
9. Exécuter un avant trou de Ø 2 mm de moins que le Ø du tire-fond et de même longueur. C'est-à-dire, pour le connecteur MAXI : pré percement de Ø 8 mm. Pour le connecteur BASE pré percement de Ø 6 mm dans les situations suivantes : en présence de bois durs, lorsque la largeur de la poutre ou solive est < 12 cm, lorsque l'espacement calculé des connecteurs est < 15 cm. Sur les bois existants il est même recommandé d'utiliser une mèche à métaux en lieu et place de la mèche à bois, pour la perceuse.
10. Choix des vis tire-fonds : la longueur des vis doit respecter une exigence d'écart minimum entre la pointe de la vis, dans sa position définitive, et l'arase inférieure de la poutre et/ou solive. Il ne peut y avoir moins de 10 mm entre ces deux points. Ainsi les dimensions minimums recommandées sont les suivantes :

    La longueur standard des vis tire-fonds du connecteur BASE est 100 mm. Il est toutefois possible d'utiliser les vis tire-fonds de longueur 70 mm au cas où le connecteur posé à contact direct sur une poutre de Hauteur 80 mm à 110 mm.

    Il est aussi possible d'utiliser les vis tire-fonds de longueur 120 mm lorsque le connecteur est fixé sur la poutre sur le platelage d'une épaisseur > 20 mm.

    La longueur standard des vis tire-fonds du connecteur MAXI est 120 mm. Il est toutefois possible d'utiliser les vis tire-fonds de longueur 100 mm au cas où le connecteur posé à contact direct sur une poutre de Hauteur 110 mm à 130 mm.

    Il est aussi possible d'utiliser les vis tire-fonds de longueur 140 mm lorsque le connecteur est fixé sur la poutre sur le platelage d'une épaisseur > 20 mm.
11. Lubrifier les tire-fonds avant de les visser.
12. Faire pénétrer (les premiers mm) les tire-fonds à l'aide d'un seul coup de marteau.
13. Visser les tire-fonds à l'aide d'une clé à choc (couple de serrage : 440 Nm) ou bien d'une visseuse à grand couple. L'insert hexa-

gonal de 13 mm est compatible pour les deux types de connecteurs BASE et MAXI.

14. Rehausse : dans certains cas, il est prévu, conformément au calcul, la présence d'une rehausse entre la dalle collaborante et le fond de coffrage. Le plus souvent cette rehausse se présente sous forme de panneau, dont la largeur sera découpée de façon à respecter le couloir du renformis prévu par la note de calcul, en pratique là où sont placés les connecteurs, afin de pouvoir assurer la continuité du béton et donc de la connexion. (cf Point N° 1 de la Partie I de L'atec).
15. Mettre en place les armatures supplémentaires dans cet ordre : les étriers (si prévus) ligaturés aux barres éventuelles, ensuite le treillis soudé prévu (une ou deux nappes). Pour finir, les ancrages périmetraux dans les orifices préparés au moment du démarrage de la pose.
16. Le coulage de la dalle : peut se faire par tout moyen d'approvisionnement du béton sur le chantier. Le béton doit être coulé, conformément aux règles de l'art, concernant les bétons de structure.
17. Dépose des étais : Une fois le durcissement du béton terminé, si présents, les étais peuvent être déposés.

B. Résultats expérimentaux

Résultats de tests de laboratoire

Différentes campagnes de tests de laboratoire ont été menées afin de mieux connaître et prévoir les comportements des sections mixtes bois-béton connectées TECNARIA.

Les essais de type « push out » ont été accomplis par les laboratoires suivants :

Laboratoire expérimental pour les essais sur les matériaux de construction de la Faculté D'Ingéniérie de l'Institut des Sciences et Techniques de la Construction de l'Université de PADOUE (Italie) . Théme de la campagne : « Evaluation du comportement des connecteurs TECNARIA selon les exigences de la norme Eurocode 5 ». 3 sessions d'essais exécutées : mars 1995 – septembre 1995 – juin 1996.

CNR de FLORENCE (Italie) – Institut pour la Recherche sur le Bois : Théme de la campagne : « Evaluation du comportement des connecteurs TECNARIA selon les exigences de la norme Eurocode 5 ». Session d'essais : janvier 2001.

Université de TRIESTE (Italie) – Département d'Ingénierie Civile : Théme de la campagne : « Evaluation du comportement de connexions mécaniques Bois-Béton, à court et long terme ». Etude du comportement du système de connexion TECNARIA dans la section mixte Bois-Béton à long terme, dans les conditions d'humidité et de température constante (essais de fluage) et en condition d'humidité variable, sous l'action de charges de service avec béton standard et béton allégé. Période des essais : septembre 2000 – mai 2001.

Université de L'AQUILA (Italie) 2017 - Test Report. Cyclic tests of joints between timber and concrete according EN 12512-2006.

C. Références

C1. Données Environnementales

Les procédés TECNARIA ne font pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

C2. Autres références

Quantité totale de planchers connectés TECNARIA :

Les premiers connecteurs TECNARIA ont été posés en mars 1995, en Italie. À fin 2016, le nombre total de connecteurs posés dépasse les 11 millions de connecteurs, soit plus de 1 500 000m² de planchers mixtes Bois-Béton connectés avec les connecteurs TECNARIA.

Les pays européens suivants, outre à la France et l'Italie, ont eu recours à la technique de renforcement des planchers TECNARIA : Belgique, Croatie, Espagne, Grèce, Portugal, République Tchèque, Slovénie.

Chantiers de référence en France :

Parmi les premiers chantiers exécutés en France, nous retenons les chantiers suivants :

- Immeuble de Bureaux – Rue Clémenceau CANNES (06) : immeuble existant, 1 200m² de planchers existants renforcés – portée 6,25m et entraxe 0,45m. 8 600 connecteurs posés sur le platelage.
- Magnanerie - Seillans (83) : immeuble en pierres, 600m² de planchers existants renforcés – portée 7,40m et entraxe 1,00m. 3 000 connecteurs.
- Avenue Franklin Roosevelt – Paris (72) : immeuble de bureaux où les structures existantes ont été renforcées par le système TECNARIA, y compris sur les zones mixtes acier-béton, dont 90m² de planchers bois-béton. 760 connecteurs.
- Magasin BENETTON – Cannes (06) : immeuble existant, 115m², avec structure du plancher en double cadre. 700 connecteurs.
- Habitation privée – Urrugne (64) : maison ancienne de 330m² sur deux niveaux, chaque pièce présentait une structure de poutraison et solivage différent, et avec essences différentes. 3 000 connecteurs.
- Restaurant Mac Donald's – Marseille La Canebière (13) immeuble existant, 120m², où la section mixte bois-béton se trouvait confrontée à la présence d'une poutre métallique de type IAO au milieu de la trame. Les deux systèmes TECNARIA pour les sections mixtes acier-béton et bois-béton, se sont complétés pour le renforcement du plancher de cet ERP. 800 connecteurs.
- Villa Bernard (Cannes) Mai 2009, 1000 connecteurs
- Clos ste Marie (ST Etienne). Juillet 2010, 21418 connecteurs
- Groupe scolaire landry France. Février 2010. 2093 connecteurs
- Librairie Mollat (Bordeaux). Juin 2009, 6200 connecteurs
- Hôtel CECIL (Paris). Novembre 2011. 2000 connecteurs.
- Cité scolaire Heinrich & Nessel (Haguenau). Mars 2012, 3906 connecteurs.
- Chantier Pole Emploi Avenue de la Prospective 18000 BOURGES.19/06/2013, 1640 connecteurs
- Chantier 9 Rue du musèe 13001 MARSEILLE. 18/06/2013, 1040 connecteurs
- Chantier CCR-Pole Emploi Parc d'activité du Beck-Rue du Leers 59150 WATTRELOS. 13/03/2013, 4400 connecteurs
- Chantier Cecodia Pole Emploi Rue de la Gare 62190 LILLERS. 18/10/2013 , 7039 connecteurs
- FCMB 29 Rue des Sports 74600 SEYOND. 03/12/2013, 4700 connecteurs
- Chantier 166 Bd Jean Jourès 13600 La Ciotat . 06/05/2013 , 3288 connecteurs
- Mannucci 84 Rue de Lille 75007 PARIS . 14/11/2013 , 2400 connecteurs
- Chatier - Zac des Jardins de la buire Rue Faynel - Duclos & Rue Rene Guillon 69003 Lyon . 26/03/2013 , 980 connecteurs
- Foyer Notre Dame 200 Rue Costa de Beauregard 73800 Les Marches . 03/12/2014 , 1388 connecteurs
- Richard Satem Z.I Du Croupillac 30100 ALES . 11/12/2014 , 2550 connecteurs
- Abbaye Ecole de Soreze Place de l' Eglise 81540 SOREZE . 10/04/2014 , 2593 connecteurs
- Chantier 2 Rue de la Paix 75002 PARIS . 24/11/2014 , 1200 connecteurs
- Chantier 5 Rue Périgot 57000 METZ . 27/11/2014 , 3922 connecteurs
- Axis Batiment 1 Rue de l' Antiquaille 69005 LYON . 16/01/2014 , 1266 connecteurs
- Chantier Satob 13 Rue du General Orly 16000 ANGOULEME . 05/06/2014 , 2596 connecteurs
- CHANTIER 9 Rue de l'Avalasse 76000 ROUEN . 09/10/2015 , 3220 connecteurs
- Chantier 75 Rue Parmentier 93100 MONTREUIL . 16/09/2015 , 4100 connecteurs
- Maire de Vougy 1 Route de Geneve 74130 VOUGY . 09/03/2015 , 1125 connecteurs
- Le Marcory Sarl 1, Route de Montpellier - immeuble SODICLER 34800 Clermont l'Hérault . 27/11/2015 , 2005 connecteurs
- Chantier 1 Bis Rue Bochart de Saron 75009 PARIS . 09/12/2015 , 2693 connecteurs
- Chantier 48 Rue Fauchier 13002 MARSEILLE . 25/02/2015 , 4193 connecteurs
- Charpente HOUOT 100 ch des grandes Hyeres ZI des Paituotes 88100 Sainte Marguerite . 13/06/2016 , 9130 connecteurs
- Caserne Laperinne - Bâtiment 0001 Plan Vivien-Quartier Laperinne 11000 CARCASSONNE . 22/03/2016 , 5574 connecteurs
- GALLEGO SAS 79 Rue du Docteur Guinier 65600 SEMEAC . 20/10/2016 , 7316 connecteurs
- Chantier 28 Rue de Palestro 75002 PARIS . 21/09/2016 , 850 connecteurs

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

- Chantier 75-77 Rue Réaumur 75002 PARIS . 19/01/2016 , 281 connecteurs
- Ref : Maison de santé de St Germain Lespinasse . 17/05/2016 , 2200 connecteurs
- Maison de l' Arche Chemin des chutes lavie 13013 MARSEILLE . 07/07/2016 , 2748 connecteurs
- TechnicBois Moulin Z.I. de Chambaud 43620 Saint Romain Lachalm . 18/05/2016 , 880 connecteurs
- R3S Residence Bastide des Tourelles 09270 MAZERES . 18/04/2016 , 2181 connecteurs
- Chantier 13 Place Lafayette 49000 ANGERS . 22/02/2016 , 1730 connecteurs
- PROVENCALE DE MATERIAUX 448 Avenue de Tournamy 06250 MOUGINS . 27/10/2016 , 1972 connecteurs
- Chantier 47 Quai de la Tournelle 75005 PARIS . 04/02/2016 , 1400 connecteurs
-

Chantiers de référence en Italie :

Parmi les chantiers les plus remarquables qui ont reçu la technique de renforcement des planchers mixtes bois-béton TECNARIA en Italie, nous pouvons citer les suivants :

- Théatre LA FENICE – Venise
- Théatre LA SCALA – Milan
- Villa BORROMEO ARESE – Milan
- Villa Imperiale – Galliera Veneta (Padoue)
- Esedra di Villa Manin – Udine
- Reggia di Venaria Reale – Turin (Patrimoine de l'Unesco)
- Château de Moncalieri – Turin
- Palais Rosso – Gênes
- Villa La Pietra – Siège de l'Université de New-York (Florence)
- Palais Assurances Fondiaria Sai – Place de la République (Florence)
- Salle Campidoglio – Rome
- Palais della Consulta – Place du Quirinale (Rome)
- Château Mediceo – Ottaviano Naples
- Banque Monte dei Paschi de Siene – Siene
- Complexe Santa Maria della Scala – Siene

En Espagne:

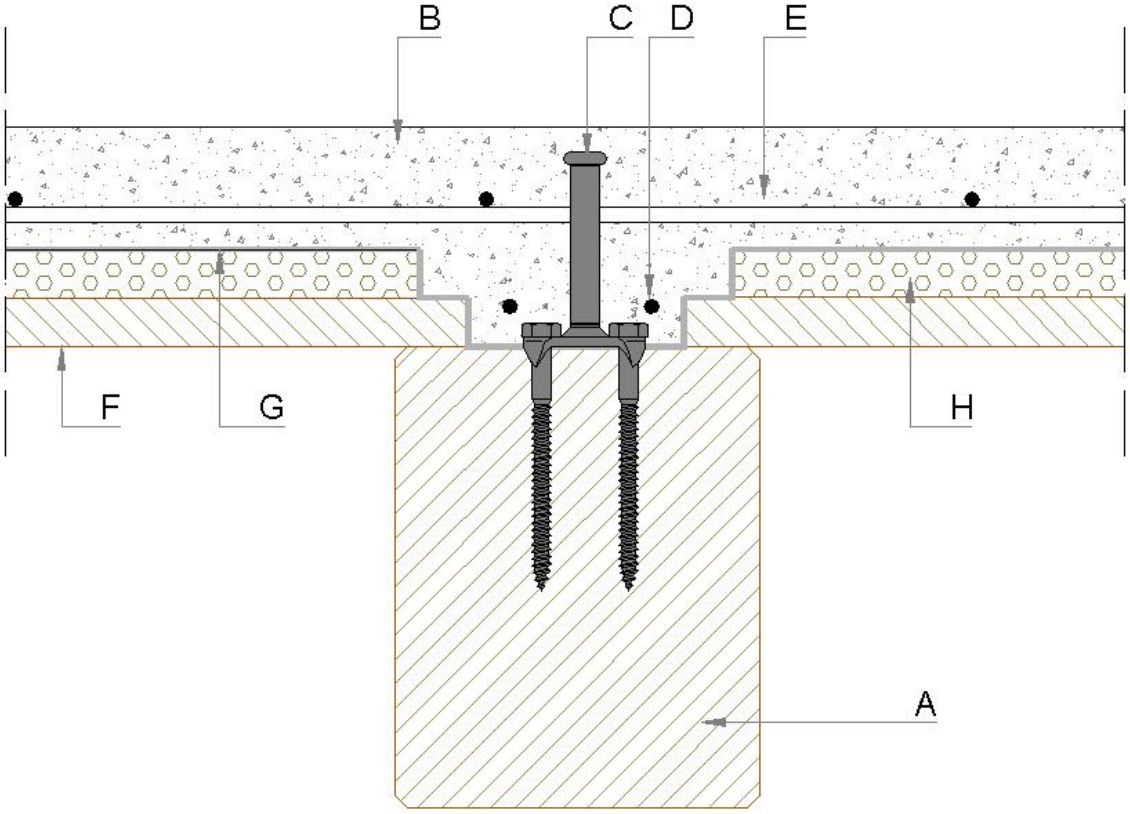
- Palais de Fuensalida – Tolède

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Tableaux et figures du Dossier Technique

Figure 1 : Connecteur fixé à même la poutre (ou solive)

(Platelage scié ou carotté)



Composition de principe :

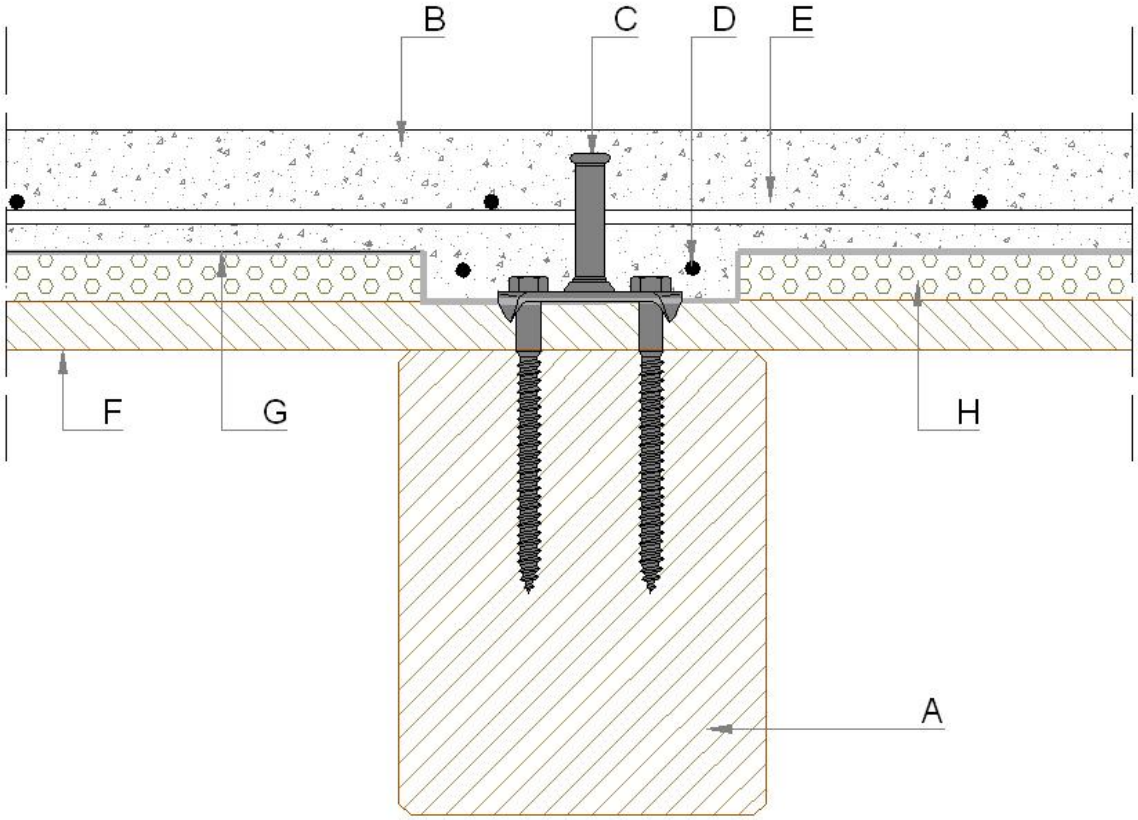
A: Poutre (ou solive) en bois
B: Dalle collaborante en béton
C: Connecteur TECNARIA (CTL BASE ou bien CTL MAXI) fixé sur la poutre, crampons ancrés et tire-fonds vissés dans la poutre.
E: Armature transversale (treillis soudé)

Sujétions éventuelles :

D : Barre (s) selon dimensionnement, Ø 8 à 16 mm, dans la zone du renformis.
F: Fond de coffrage : platelage
G: Film de protection de type polyane
H: Rehausse en matériau isolant

La distance entre l'axe du connecteur et l'isolant (type fond de coffrage) doit être au minimum égale à l'épaisseur de l'isolant plus celle du platelage, avec comme valeur minimum 5 cm.

Figure 2 : Connecteur fixé à même le platelage



Composition de principe :

A: Poutre (ou solive) en bois

B: Dalle collaborante en béton

C: Connecteur TECNARIA (CTL BASE ou bien CTL MAXI) fixé sur le platelage, crampons ancrés dans le bois du platelage. Tire-fonds vissés dans la poutre.

E: Armature transversale (treillis soudé)

Sujétions éventuelles :

D : Barre (s) selon dimensionnement, Ø 8 à 16 mm, dans la zone du renformis. Les barres sont posés sur des cales d'armatures. Les modèles suivants peuvent, entre autres, être utilisés.

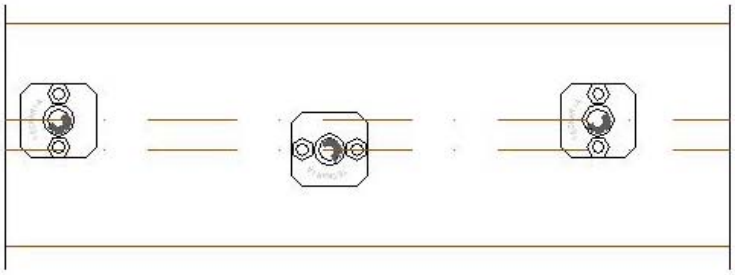
F: Fond de coffrage : platelage

G: Film de protection de type polyane (voir §4 – 6 du DTED).

H: Rehausse en matériau isolant

La distance entre l'axe du connecteur et l'isolant (type fond de coffrage) doit être au minimum égale à l'épaisseur de l'isolant, avec comme valeur minimum 5 cm.

Figure 3 : Exemple de distribution des connecteurs TECNARIA



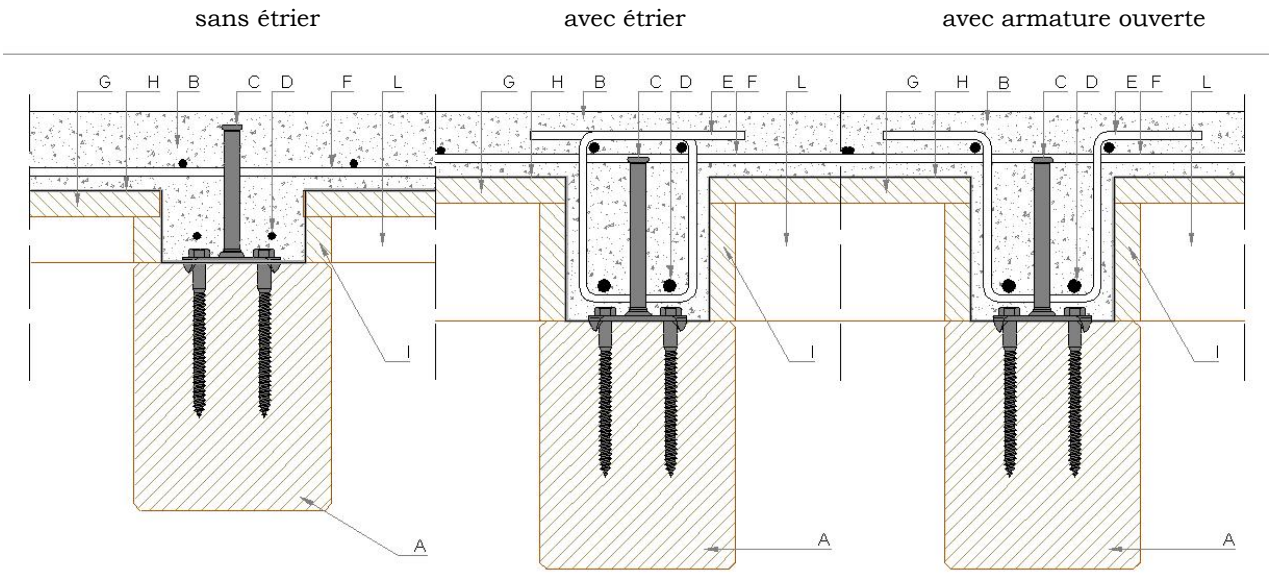
Exemple de distribution des connecteurs types Base, valable aussi pour le type MAXI.

Lorsque les dimensions de la poutre le permettent, il est conseillé de poser les connecteurs de façon à ce que les plaques de base ne soient pas alignées entre elles. Les décalages doivent tenir compte du respect des distances minimum par rapport aux bords de la poutre.

Au cas où la largeur de la poutre serait insuffisante pour permettre ce type de distribution, l'alignement sur un axe seul de tous les connecteurs ne remet pas en cause les données du calcul et la résistance de la section mixte est de toute façon vérifiée.

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Figure 4 : Connecteur fixé à même la poutre d'un double cadre - Trois principes d'armatures complémentaires -



Composition de principe :

A: Poutre en bois

B: Dalle collaborante en béton

C: Connecteur TECNARIA (CTL BASE ou bien CTL MAXI) fixé à même la poutre, crampons ancrés et tire-fonds vissés dans la poutre.

D : Barre (s) selon dimensionnement, Ø 8 à 16 mm, dans la zone du renformis. Les barres sont soutenues par des cales d'armatures dont des exemples sont données en légende de la figure 2.

F: Armature transversale (treillis soudé)

Sujétions éventuelles :

E : Etrier ou armature ouverte.

G: Fond de coffrage : platelage ou autre matériau

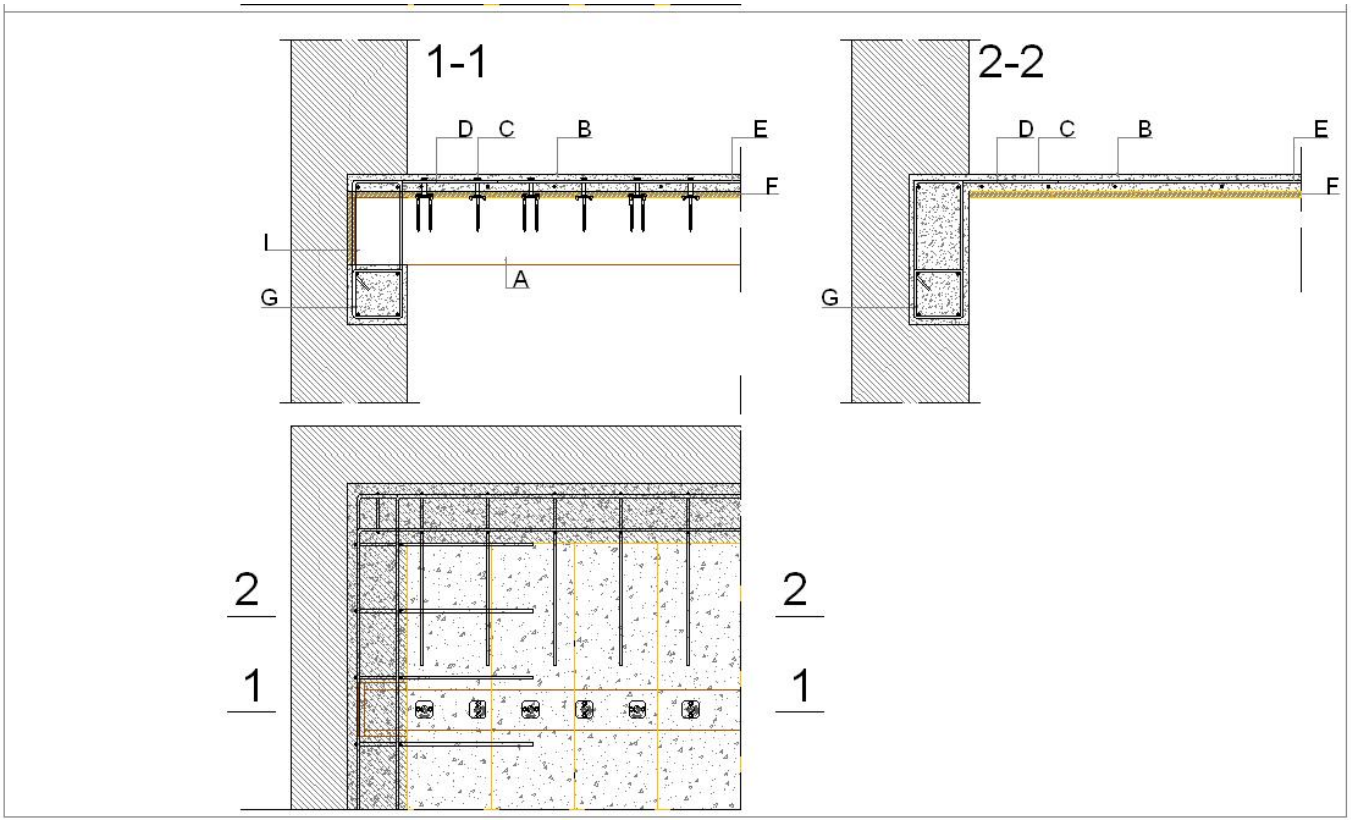
H: Film de protection de type polyane (voir §4 – 6 du DTED).

I: Joues de fond de coffrage latéral.

L: Solivage en bois ou autre matériau, discontinu au droit des poutres.

Figure 5 : Exemples d'ancrage du plancher aux murs périmétraux. Exemples de chaînages périphériques

Ces ancrages contribuent à améliorer le comportement de l'édifice après qu'il ait reçu un accroissement sensible des charges verticales reprises par les murs dues au coulage de la dalle collaborante.



<u>Composition de principe:</u>

A: Poutre en bois

B: Dalle collaborante en béton

C: Connecteur TECNARIA (CTL BASE ou bien CTL MAXI),

D: armature de du chaînage périphérique prolongée dans la dalle collaborante;
1 étrier Ø 8 mm tous les 20 cm dans les murs périmetraux coïncidant avec le plancher.

E: Treillis soudé

F: Fond de coffrage : platelage ou autre matériau, revêtu de l'écran de protection (de type polyane : voir §4 – 6 du DTED).

G: Chaînage périphérique de béton continu au dessous de la poutre.

I: couches de protection en matériau isolant ou en liège, sur les trois faces latérales ainsi que sur le dessus de la poutre en bois.

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Figure 6 : Exemples d'ancrage du plancher aux murs ossature bois périmétraux.

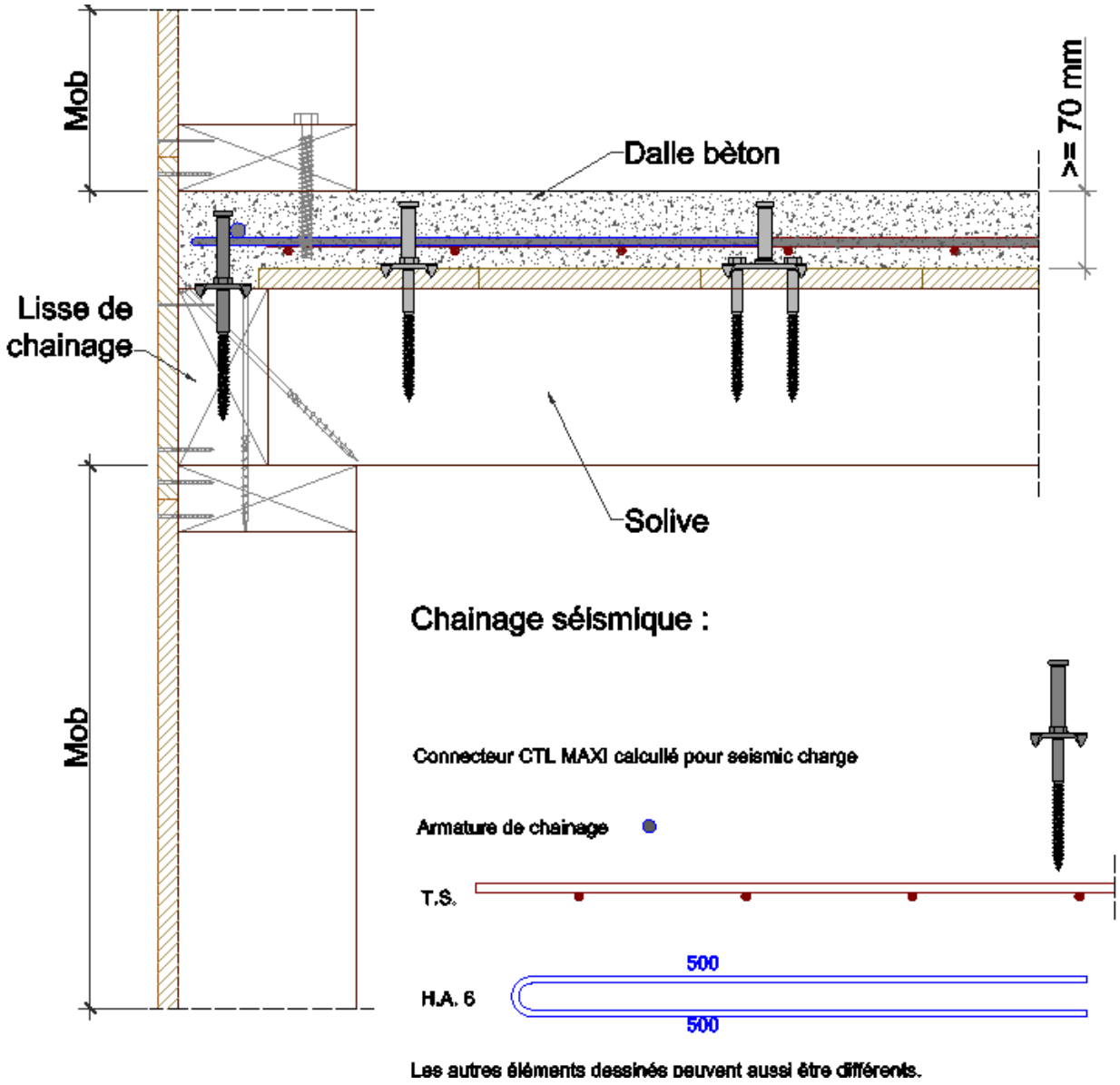
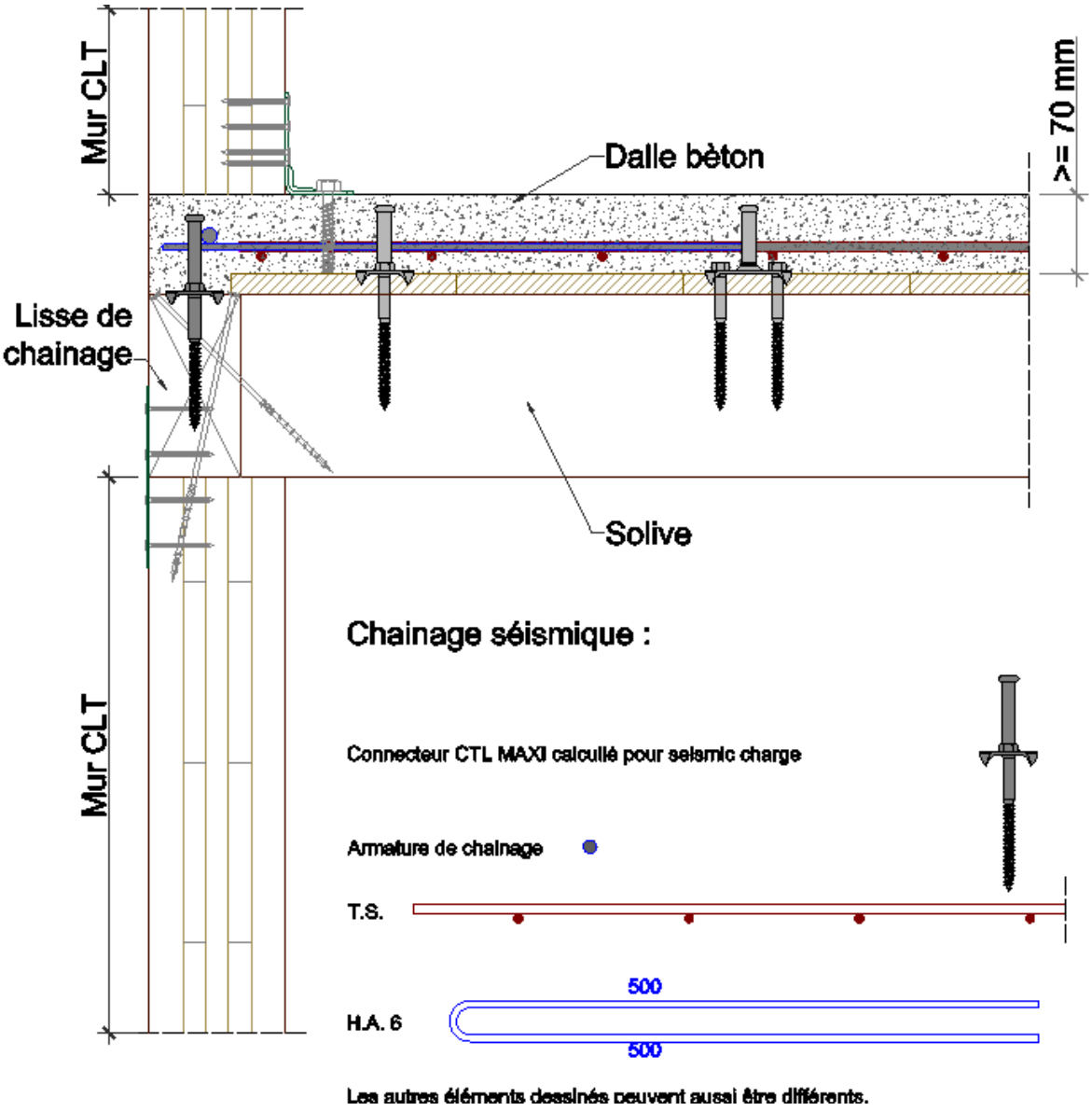
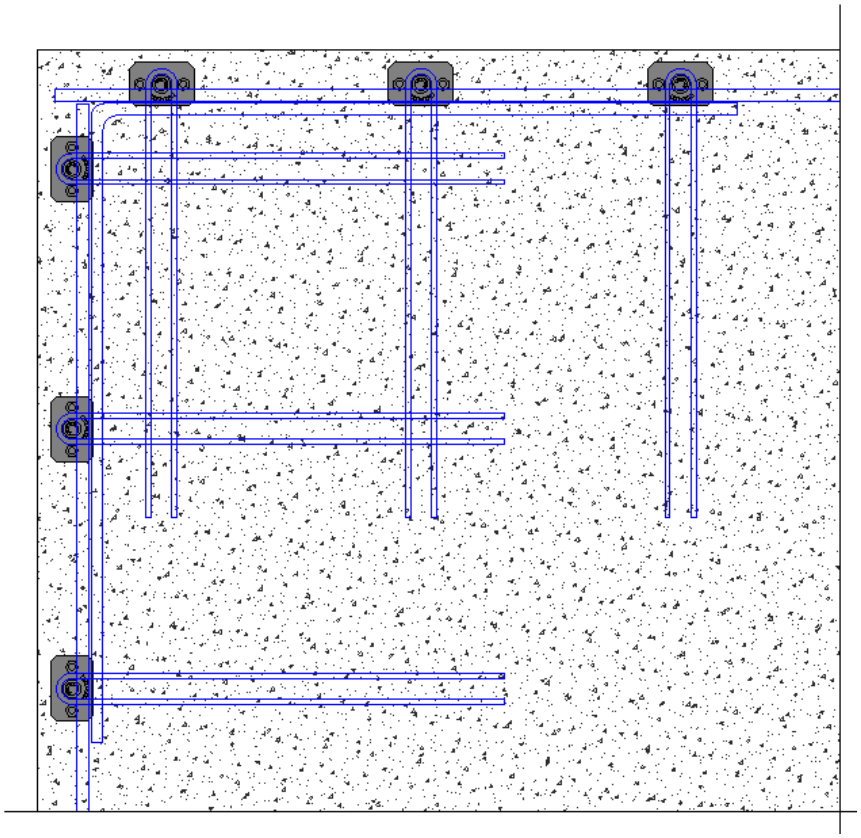


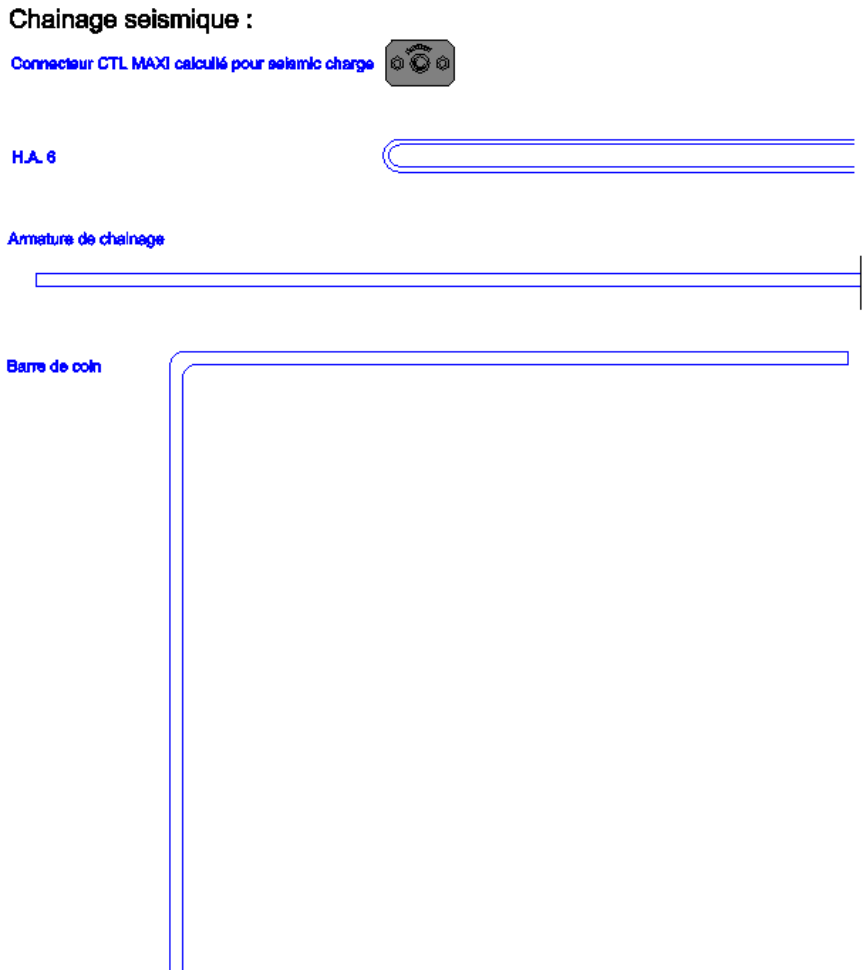
Figure 7 : Exemples d'ancrage du plancher aux murs bois lamellé croisé périmétraux.



Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Figure 8 : Exemples d'ancrage du plancher aux murs bois périmétraux. Vu de dessus.

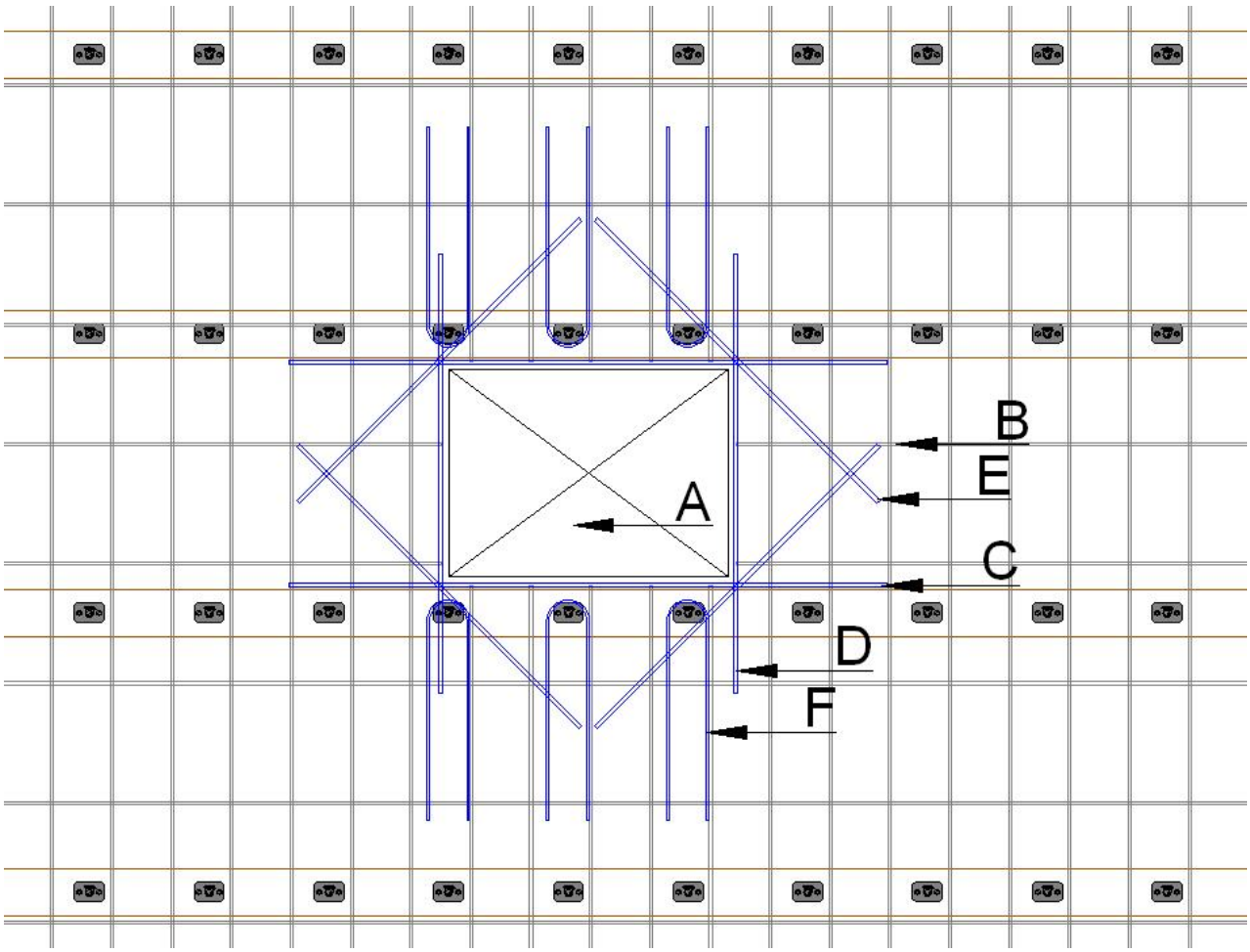




Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Figure 9 : Exemples de réalisation de trémies

Cas 1. Ouverture sans interruption de poutres.



A: Ouverture rectangulaire

B: Treillis soudé interrompu

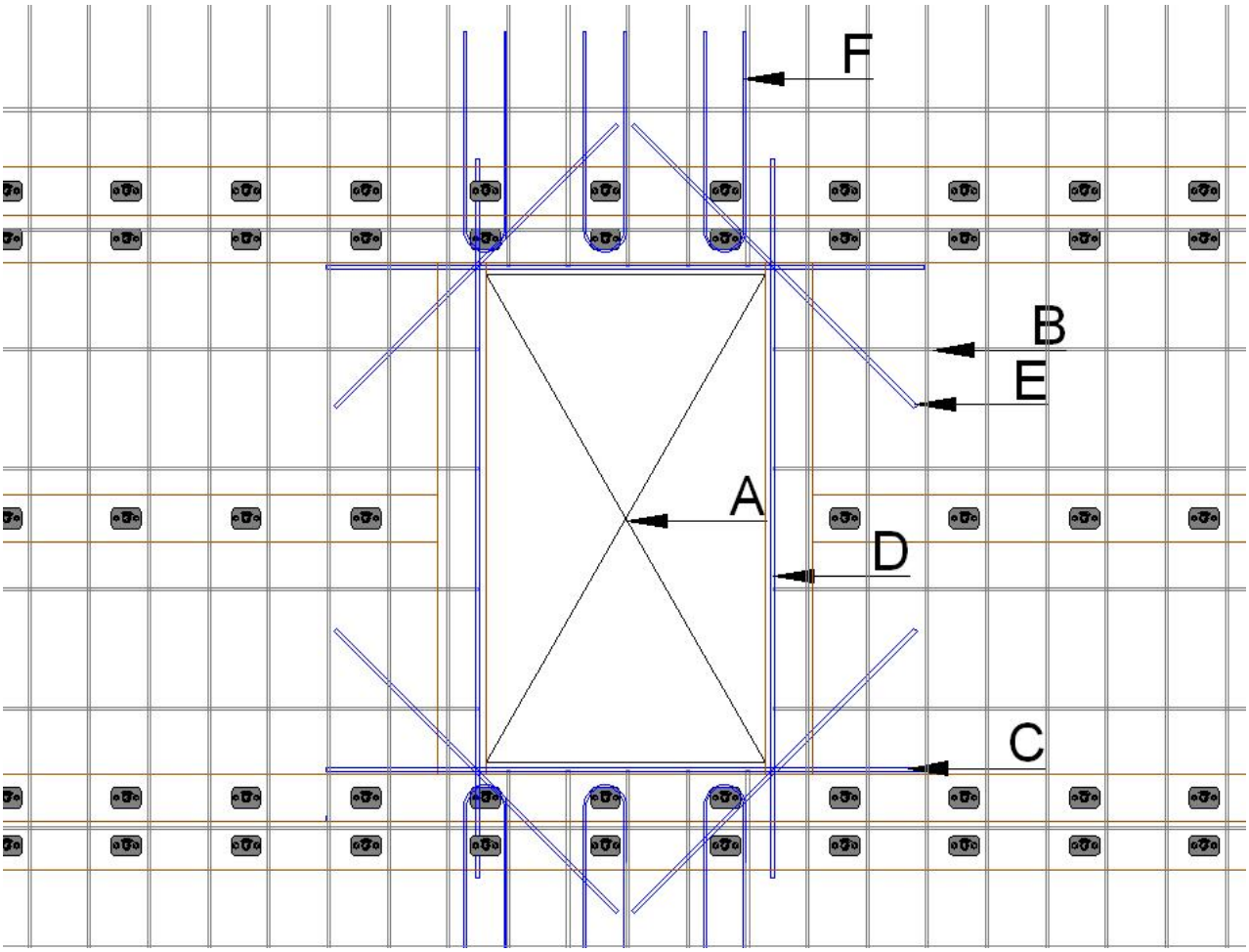
C –D: Barres d'aciers de bord d'ouverture. Diamètre = Max{10 mm ; sections du treillis interrompu}. Longueur = longueur iouverture + ancrage de chaque côté.

E: Barres d'acier diagonal pour le blocage de l'apparition de fissures en angles. HA 8, L) 500 mm au minimum.

F: Barres de renfort en U: HA6 L = 400 +400 + 150

Remplacé le : 21/12/2018 par le n° 3.1/17-915_V2

Cas 2. Ouverture avec interruption de poutres.



Note:

Les poutres de bord de trémie ont une collaboration réduite avec le béton

Les poutres de bord de trémie reprennent des charges réparties et ponctuelles

Doublage des poutres fréquent dans cette configuration.

Réalisation d'un chevêtre bois

Détails :

A: Ouverture rectangulaire

B: Treillis soudé interrompu

C –D: Barres d'aciers de bord d'ouverture. Diamètre = Max {10 mm ; section du treillis interrompu}. Longueur = longueur iouverture + ancrage de chaque côté.

E: Barres d'acier diagonal pour le blocage de l'apparition de fissures en angles. HA 8, L) 500 mm au minimum.

F: Barres de renfort en U: HA6 L = 400 +400 + 150