

Avis Technique 3.1/15-793_V1

Annule et remplace l'Avis Technique 3/15-793

Plancher mixte bois et béton
Composite wood-concrete
floor

LIGNADAL

Titulaire : LIGNALITHE SARL
2, rue du Repos-Moingt
FR-42600 MONTBRISON

Tél. : +33 (0)4 77 96 30 63
Tél. : +33 (0)4 77 58 57 56
E-mail : bet@lignalithe.com
Internet : <http://www.archipente.com>

Usine : Scierie FORGE-MAHUSSIER
Mayeurre - St Haon Le Vieux
FR-42370 RENAISON

Groupe Spécialisé n° 3.1

Planchers et accessoires de plancher

Publié le 21 décembre 2018



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

Le Groupe Spécialisé n° 3.1 « Planchers et accessoires de plancher » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques, a examiné le 25 mai 2018 le procédé de plancher LIGNADAL présenté par la société et LIGNALITHE S.A.R.L. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis Technique annule et remplace l'Avis Technique 3/15-793.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Plancher dalle mixte bois-béton associant une prédalle en bois à une dalle de béton armé connectée. La prédalle est constituée de planches décalées verticalement les unes par rapport aux autres et liaisonnées par clouage dans la partie de recouvrement. La liaison entre les planches en bois et la dalle béton est assurée par les queues d'aronde et des connecteurs transversaux en bois linéaires perpendiculaires à la portée.

Le procédé est utilisable sur support verticaux en béton, bois, métal ou maçonneries.

1.2 Identification

Aucune identification ni repérage ne sont portés sur la prédalle. La conception particulière et unique du procédé élimine tout risque de confusion avec un quelconque autre procédé.

Connecteurs bois-béton

Le connecteur transversal bois est une lame en C24 de section 70 x 25 mm placée dans une entaille des planches hautes de largeur 115 mm (cf. figure 2 du DTED).

Béton

Le béton coulé en œuvre formant la dalle de compression du système de plancher mixte est de type C25/30 minimum et de classe de consistance S4 minimum selon la norme NF EN 206/CN. Le béton présente par ailleurs une composition lui conférant des propriétés particulières à remplir impérativement (cf. § 2.3 du Dossier Technique). La dalle béton est ferrailée selon les besoins et au minimum avec un treillis soudé en acier PAF10 conforme aux normes NF EN 10080 et NF A35-080.

Dalle bois

Les planches constituant la dalle bois sont en bois massif résineux avec une résistance mécanique minimum de C24 selon la norme NF EN 14081.

Les planches ont une largeur de 43 mm et une hauteur comprise entre 9 et 22 cm. Le décalage entre planches hautes et basses est de 25 ou de 35 mm.

Ces planches sont assemblées au moyen de pointes en acier de diamètre 3,1 mm et de longueur de 90 mm minimum bénéficiant du marquage CE selon la norme NF EN 14592. Les conditions de pinces des pointes de recouvrement doivent respecter les pinces minimales décrites dans la norme NF EN 1995-1-1.

Panneaux

Les panneaux utilisés pour le coffrage entre éléments de dalles bois doivent être des panneaux travaillants utilisables en usage extérieur en tant que composants structuraux au sens de la norme EN 13986.

2. AVIS

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

2.1 Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne (métropole + Corse) pour les classes de service 1 à 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 (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 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 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 (en comprenant par ces dernières les effets dynamiques courants dus au déplacement des personnes et des appareils légers qui ne produisent pas de vibrations).

Les utilisations sous charges pouvant entraîner des chocs ou des phénomènes de fatigue n'ont pas été étudiées dans le cadre du présent Avis.

Le présent Avis Technique ne vise pas les cas suivants :

- Cloisons lourdes (masse > 250 kg/ml) parallèles au sens de portée des prédalles,
- Charges ponctuelles supérieures à 1,2 t par charge ponctuelle, à raison d'une charge au maximum par élément et, en cas de charges linéaires, à 0,8 t/m de longueur d'application des charges linéaires.
- Prédalles adjacentes et liées, dont le rapport des portées n'est pas compris entre 0,8 et 1,2.
- d'une manière générale toute situation pouvant conduire à des cisaillements verticaux importants à la liaison entre deux prédalles successives.

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
- Dans le cas d'une utilisation en vide sanitaire, le vide sanitaire doit être bien ventilé en respectant les conditions définies dans le §5.2.2 du DTU 51.3.

La réalisation de réservations ou de trémies est possible dans la limite des dimensions et dans les conditions prévues au dossier technique et au CPT de l'Avis (§2.315).

La réalisation de travées hyperstatiques ou de porte-à-faux est possible dans les conditions prévues au CPT et à l'exception des planchers destinés à servir de support à des revêtements de sol rigides ou des cloisons fragiles. La continuité sur appui des dalles de compression est visée par le présent Avis Technique dans les conditions fixées par les Prescriptions Techniques (§2.314).

Les dalles bois peuvent être juxtaposées transversalement ou posées avec un écart n'excédant pas 40 cm.

L'utilisation du procédé en tant que toiture terrasse n'est pas visée par le présent Avis Technique.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Aptitude à l'emploi

2.2.1.1 Stabilité

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

Sécurité au feu

Résistance au feu

Conformément aux conditions prévues par l'Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, les planchers mixtes LIGNADAL, sont à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu dans les conditions suivantes :

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

- Sans protection au feu :

Le degré de stabilité au feu du plancher est vérifié en considérant que les poutres en bois sont déconnectées de la dalle béton. Les poutres en bois peuvent être justifiées par application de l'Eurocode 5 partie 1-2 (EN 1995-1-2). Le degré coupe-feu est vérifié par application de l'Eurocode 2 partie 1-2 pour la dalle de béton lorsque celle-ci constitue la totalité de l'isolement au feu. Le degré coupe-feu du plancher est subordonné à sa stabilité pour un degré au moins égal.

Dans le cas des prédalles de grande longueur utilisant des planches plus courtes que la longueur de la prédalle avec des joints bout-à-bout cloués, les assemblages de continuité doivent conserver leur intégrité pour la totalité de la durée de stabilité au feu visée.

- 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 agréé délivrée dans les conditions prévues par l'arrêté du 22 mars 2004.

Réaction au feu

Les planchers LIGNADAL bruts peuvent bénéficier d'un classement conventionnel en réaction au feu D-S4-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 de la prédalle dans l'ouvrage.

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

La sécurité du travail sur chantier est normalement assurée, en ce qui concerne le procédé proprement dit, si les prescriptions de mise en œuvre du tenant de système, ainsi que les prescriptions prévues dans le Cahier des Prescriptions Techniques Particulières sont effectuées et satisfaites.

Isolation thermique

La prédalle bois présente une isolation thermique « moyenne » évaluée par le coefficient U de transmission surfacique calculable conformément aux règles Th-U de la RT2005, en prenant pour conductivité thermique du bois $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$, pour capacité thermique massique $C_p = 1600 \text{ J/kg.K}$, et pour facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu = 50$ (sec) et $\mu = 20$ (humide). Ces valeurs correspondent à un résineux léger de classe mécanique C24 selon EN14081 et dont la masse volumique moyenne, c'est-à-dire avec une teneur en humidité de 15 % selon la terminologie de la norme NF B 51-002, est $\leq 500 \text{ kg.m}^{-3}$.

Isolation acoustique

Dans le cas sans plafond ou même avec plafond fixé directement sur la face inférieure des poutres par pointes ou vis, le plancher présente un indice d'affaiblissement acoustique qui ne dépend que de sa masse surfacique (en daN/m^2).

Des essais en laboratoire ont fait apparaître les performances un indice d'affaiblissement acoustique $R_w (C, C_{tr}) = 46 (-1 ; -4)$ dB et un niveau de bruit de choc normalisé pour ce même plancher brut (sans revêtement de sol) est $L_{n,w} = 90$ dB pour un plancher composé d'une prédalle d'épaisseur 125 mm associée à une table de compression béton de 60 mm.

Un second essai a déterminé un indice d'affaiblissement acoustique $R_w (C, C_{tr}) = 55 (-1 ; -3)$ et un niveau de bruit de choc normalisé $L_{n,w} = 85$ dB pour un plancher composé d'une prédalle d'épaisseur 190 mm associée à une table de compression béton de 100 mm sans chape.

Un dernier essai a déterminé un indice d'affaiblissement acoustique $R_w (C, C_{tr}) > 69 (-2 ; -8)$ dB et un niveau de bruit de choc normalisé $L_{n,w} = 52$ dB pour un plancher composé d'une prédalle d'épaisseur 190 mm associée à une table de compression béton de 100 mm et une chape rapportée de 60 mm.

Données environnementales

Le procédé LIGNADAL 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

En fonction de la classe d'emploi dans l'ouvrage, un traitement de préservation du bois peut être nécessaire

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 ainsi que EN 335 La durabilité des pointes d'assemblages est assurée si ils présentent un traitement contre la corrosion selon la norme NF EN 1995-1 §4.2.

Le deuxième décret n° 2006-591 d'application de la loi n° 99-471 du 8 juin 1999 tendant à protéger les acquéreurs et propriétaires d'immeubles contre les termites et autres insectes xylophages » - dite loi termites, suivi par l'arrêté du 27 juin 2006 relatif à l'application des articles R.112-2 et R. 112-4 du code de la construction et de l'habitation, vise la protection des bois et des matériaux à base de bois participant à la solidité des ouvrages et mis en œuvre lors de la construction de bâtiments neufs ou de travaux d'aménagement. Les éléments de plancher LIGNADAL répondent à la réglementation en vigueur.

2.23 Fabrication et contrôle

La fabrication des prédalles bois est effectuée en usine ou sur chantier, à partir de bois résineux de la classe C24 au minimum selon EN 14081. Aucune « certification de produit » n'est exigée.

2.3 Prescriptions techniques

2.31 Conditions de conception et de calcul

- L'épaisseur minimale de béton au-dessus des queues d'aronde est de 6 cm. La dalle de béton doit comporter un treillis soudé placé à mi-épaisseur de béton et dont la section des aciers dans la direction transversale n'est pas inférieure à $0,7 \text{ cm}^2/\text{m}$.
- La méthode de calcul pour vérifier le dimensionnement d'un montage est celle préconisée par le tenant de système.

En raison de la relative complexité du dimensionnement, prenant en compte l'homogénéisation entre bois et béton, le glissement et les comportements différés, seule la S.A.R.L. LIGNALITHE est habilitée à effectuer le dimensionnement des planchers.

2.311 Vérifications en phase définitive

Les contraintes de flexion et de cisaillement

La méthode de calcul pour vérifier le dimensionnement d'un montage est celle préconisée par le titulaire et décrite dans le Dossier Technique. La méthode statique est essentiellement basée sur les préconisations de la norme EN 1995-1-1, dite « méthode γ » détaillée en annexe B de cette norme.

L'annexe « Mode de dimensionnement » explicite les vérifications à mener. Les contraintes ainsi obtenues sont à comparer aux contraintes de calcul définies par l'Eurocode 2 (pour le béton) et l'Eurocode 5 (pour le bois).

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

Le mode de calcul détaillé est donné le §6 du Dossier Technique, ci-après.

Le fléchissement

Le "fléchissement actif" des planchers pouvant nuire à l'intégrité des cloisons maçonneries 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.

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, ...). C'est donc l'accroissement de la flèche, ou fléchissement, pris par le plancher à partir de l'achèvement de l'ouvrage concerné.

En l'absence de revêtement de sol fragile et de cloisons fragiles, la flèche active est limitée à :

- $L/350$ pour $L \leq 7,00 \text{ m}$
- $1 \text{ cm} + L/700$ pour $L > 7,00 \text{ m}$

En présence de revêtement de sol fragile ou de cloisons fragiles, les prescriptions portant sur la limitation des flèches nuisibles du FD P18 717 sont adoptées, soit :

- $L/500$ pour $L \leq 7,00 \text{ m}$
- $0,7 \text{ cm} + L/1000$ pour $L > 7,00 \text{ m}$

Le fléchissement dû à toutes les charges ($W_{\text{net,fin}}$) est limité conventionnellement à $L/250$.

Le fléchissement dû aux actions variables seules ($W_{\text{inst}(Q)}$) est limité conventionnellement à $L/300$.

Conception des prédalles avec des planches de longueur individuelle inférieure à la portée et mises bout à bout :

- Décalage des joints de 1 m minimum entre planches successives
- Absence de joints dans la zone centrale des prédalles, celle-ci correspondant à 30% de la longueur totale ;
- Le clouage entre planches doit être justifié dans les zones voisines des joints (30 cm de part et d'autre) selon le tableau 8.2 de l'article 8.3 de l'Eurocode 5.

Les vérifications de calcul tiennent compte de la présence de ces joints :

- Par une vérification de la contrainte du bois dans les « plans de joint » en ne tenant compte que de l'inertie des planches continues ;
- Une minoration de 20% de la raideur.

Cas de réhabilitation

Les dispositions décrites dans le dossier technique (au § 5) sont acceptables sous réserve que :

- Les solives en place font l'objet d'un diagnostic préalable pour s'assurer qu'elles sont saines et qu'elles sont capables de résister à l'effort tranchant induit par les ferrures métalliques qui supportent le LIGNADAL ;
- Toutes les planches font la totalité de la portée ;
- Les planches sont assemblées par clouage en usine ou *in situ* mais à partir d'un plan de calepinage du clouage ;
- Les charges sont limitées à 0,6 tonnes en charge concentrées et à 0,4 t/m en charge linéaires.

2.312 Vérifications en phase provisoire

La vérification dans cette phase concerne les dalles 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 (cf. annexe 1) pondéré par 1,35 ;
- d'une charge P pondérée par 1,5, représentant l'action des charges de mise en œuvre. 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 3mx3m

Un critère de déformation devra être respecté pour la dalle bois 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.

L'annexe « Mode de dimensionnement » explicite les vérifications à mener en phase provisoire sur la dalle bois.

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.

Pour chaque situation de projet, l'ouvrage de plancher et les éléments LIGNADAL doivent être modélisés : LIGNALITHE a la responsabilité de la validation ou de la réalisation d'un modèle numérique 3D.

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.
- Pour les classes DCH et DCM, les diaphragmes n'étant pas des éléments dissipatifs, ceux-ci doivent être calculés en prenant en compte un coefficient de sur-résistance γ_d défini dans l'EN 1998-1 §4.4.2.5.
- Les sections d'armatures disposées dans la table de compression (armatures principales et armatures de répartition) de type ST20 au minimum sont calculées dans les deux directions 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.
- Afin d'assurer la fonction tirant-buton le plancher doit respecter les prescriptions suivantes :
 - Les dalles béton doivent être ancrées sur appui (cas des appuis béton et maçonnés) ou connectées au moyen de tire fonds (cas des appuis bois).
 - La traction perpendiculaire aux chaînages à prendre en compte comme valeurs de dimensionnement des liaisons est la valeur maximale entre 15 kN/ml et celle issue des calculs effectués sur le projet, à l'ELU (fondamental et sismique)
 - La traction dans les chaînages doit présenter une résistance en traction minimale de 70 kN cf. au §9.10.2.2 de l'EC2-1-1
- Dans le cas d'une utilisation avec des murs ossatures bois. Les dalles doivent être continues sur appuis et ancrées par l'intermédiaire de tire fonds assurant l'intégrité de la liaison mur bois-dalle béton en situation sismique.

2.314 Porte-à-faux et travées hyperstatiques

La réalisation de porte-à-faux et de travées hyperstatiques, générant des moments sur appuis, est possible dans le cas de planchers qui ne sont pas destinés à recevoir des revêtements de sol ou cloisons rigides (pour lesquels la fissuration du support est susceptible de nuire à leur intégrité) et ce dans les conditions proposées au paragraphe 6.1 du Dossier Technique.

La possibilité de reprendre des moments sur appuis est limitée au cas des planchers continus sur trois appuis et aux planchers sur deux appuis avec porte à faux. La continuité s'entend pour une prédalle unique à l'exclusion de tout raboutage en extrémité.

Les planchers sont justifiés intégralement en isostatique.

2.315 Réalisation de réservations et de trémies

La réalisation de réservations de dimensions inférieures à 40 cm nécessite la mise en œuvre d'un treillis soudé supplémentaire de part et d'autre de la réservation dans le sens de la portée dans les conditions prévues au Dossier Technique de l'Avis et une diminution de la capacité en flexion tenant compte de la diminution de section.

Par ailleurs, ces réservations doivent être situées obligatoirement dans le tiers central des prédalles dans le sens de la largeur à l'exclusion de la zone centrale de la prédalle dans son ensemble.

La réalisation de trémies de dimensions supérieure à 40 cm nécessite la mise en œuvre d'une structure porteuse rapportée constituée de chevêtres eux-mêmes repris par des poutres porteuses dans le sens de la portée.

2.316 Transmission des charges aux appuis

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

Lorsque les dalles bois sont posées sur leurs appuis, la profondeur minimale saine - toutes tolérances épuisées - est au minimum de 5 cm.

2.317 Reprise de la flexion transversale

La reprise des efforts de flexion transversale dans les planchers doit être justifiée en tenant compte de la rigidité de la section bois béton dans le sens de la portée principale et de la seule section de béton armé dans la direction transversale. Le treillis de la dalle doit être dimensionné afin de reprendre cette flexion, particulièrement dans le cas de chargements ponctuels.

2.32 Conditions de fabrication

La fabrication est réalisée exclusivement par « Scierie FORGE-MAHUSSIER ». Les planches doivent être des résineux de classe de résistance C24 selon la norme EN 338. Taux d'humidité compris entre 15 et 18 %.

La position et le nombre des pointes sont déterminés selon les prescriptions de l'Eurocode 5. Les pointes lisses sont prohibées.

2.33 Conditions de mise en oeuvre

Le levage et le déplacement des prédalles sont réalisés par des sangles dont les points de fixation, au nombre de quatre, sont situés dans les quarts d'extrémité de la portée.

Un raidissement transversal du dispositif de levage (entretoises sous prédalles, palonnier...) peut être nécessaire pour les prédalles les plus élancées dans le sens transversal.

Le béton coulé en œuvre a une granulométrie qui n'excède pas 16 mm et avoir une consistance S4 selon la norme NF EN 206/CN.

Sa mise en place nécessite une vibration à l'aiguille.

Pour assurer une liaison satisfaisante entre prédalles voisines (côte-à-côte), le treillis soudé de la dalle en béton doit présenter une section d'acier d'au moins 1,1 cm² perpendiculairement à la portée, par mètre de portée.

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 (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 LIGNADAL doivent être mis en œuvre conformément aux prescriptions du DTU 21 : Exécution des travaux en béton ; cahier des clauses techniques

2.331 Conditions d'exécution

La conception et le calcul des planchers sont à la charge exclusive de LIGNALITHE.

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 clouage destiné à déterminer le taux de connexion bois-bois.
- Plan de pose : 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 ferrailage 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 ferrailage 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 conformités 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 en cas de préfabrication.
- Notice "Protocole de réception avant coulage"

Le levage et le déplacement des prédalles sont réalisés par des sangles textiles dont les points de fixation, au nombre de deux, sont situés aux extrémités de la dalle.

Afin d'assurer la conservation des performances et les durabilités des dalles bois, celles-ci doivent impérativement être protégées des intempéries avant coulage du béton. De même, le placement de charges ponctuelles de forte intensité sur les dalles bois doit être évité lors de la phase provisoire.

2.332 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. Les armatures doivent être calées.

2.333 Contrôle sur chantier

Les autocontrôles sur chantier doivent être menés en respectant au minimum les opérations prescrites dans le plan d'assurance qualité mis en œuvre établi par le titulaire.

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

A compter de la date de publication présente en première page jusqu'au 28 février 2020.

*Pour le Groupe Spécialisé n° 3.1
Le Président*

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Ce procédé de plancher mixte bois-béton présente deux particularités :

- la prédalle en bois est constituée de planches en position de chant, liées entre elles par clouage ;
- la connexion de la prédalle au béton coulé en place est obtenue par la combinaison des effets des queues d'aronde longitudinales de la prédalle et des traverses en bois qui bloquent le glissement longitudinal relatif.

Le Groupe Spécialisé attire l'attention sur le caractère particulier de la méthode de dimensionnement, spécifique au procédé et nécessitant la prise en compte des affaiblissements en terme de rigidité et de résistance liés à la présence des joints entre planches. C'est pour cette raison que l'Avis est formulé sous l'hypothèse exclusive d'un dimensionnement effectué par son titulaire, la société LIGNALITHE S.A.R.L. et d'une fabrication par la Scierie FORGE-MAHUSSIER.

En outre, compte tenu de ce que la prédalle offre des surfaces de prise au vent importantes lors de leur manutention, il est impératif d'une part de recourir aux précautions habituelles relatives à la manutention des éléments de grande dimension, d'autre part de cesser la mise en œuvre lorsque la vitesse du vent empêche la manutention aisée par deux personnes.

Le groupe attire également l'attention sur la spécificité du béton devant être mis en œuvre (relevant de formulations spéciales) notamment une certaine plasticité avec un rapport E/C faible.

Le document précise au §2.311 les limitations de la flèche active en fonction du revêtement de sol prévu. Les limitations sont reprises du guide d'application des normes NF EN 1992 (FD P18 717).

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé
n° 3.1*

ANNEXE

Mode de dimensionnement

La présente Annexe fait partie intégrante de l'Avis Technique : son respect est une condition impérative de la validité de l'Avis.

Le dimensionnement du plancher LIGNADAL porte sur la prédalle bois, la dalle béton et la connexion (queues d'aronde et connecteurs transversaux) entre la prédalle bois et la dalle béton.

Les vérifications à effectuer sont menées, en phase provisoire (béton frais portant sur la prédalle bois) puis en phase définitive en considérant selon les cas l'ELS et/ou l'ELU. La liste exhaustive de ces vérifications, leur objet et leur nature figurent au § 6.1. du dossier technique établi par le demandeur.

Calcul en phase provisoire

Le plancher est constitué en phase provisoire par la seule dalle bois composée de ses planches assemblées sur chant :

La rigidité de cette dalle est calculée selon la méthode de la norme NF EN 1995-1-1 Annexe B

Nous proposons ici un exemple d'application numérique d'évaluation de la valeur du Coefficient gamma dans la connexion bois-bois de la dalle.

La position de l'axe neutre est donnée par la relation suivante :

$$x_{bois} = \frac{x_{bois2} A_{bois2} + \gamma \cdot n \cdot A_{bois1} x_{bois1}}{A_{bois,2} + \gamma_i \cdot n \cdot A_{bois,1}} \quad n = \frac{E_{bois1}}{E_{bois2}}$$

$A_{bois,i}$: Section transversale du bois i

$x_{bois,i}$: position de l'axe neutre de la section i

γ_i : Coefficient de liaison entre les sections de bois.

$$\gamma_i = \frac{1}{1 + \left(\frac{\pi^2 \cdot E_i \cdot A_i \cdot s_i}{K_i \cdot l^2} \right)}$$

s_i : entraxe des fixations (pointes)

$$K_i = \rho^{1.5} d / 23$$

$K_i = K_{ser,i}$ pour les états limites de services

$K_{u,i}$ pour les états limites ultimes

ρ masse volumique du bois

d diamètre de la pointe

l portée du plancher

Exemple de taux de collaboration (γ_b) à l'ELS initial pour la dalle bois

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_{bois} \times A \times s}{K_{ser} \times lt^2} \right]^{-1} = 0,09$$

Les planches sont en résineux de classe C24 ($\rho=350 \text{ kg/m}^3$) de section 60 x 200 mm sur chant. Les fixations sont des pointes de longueur 90 mm et de diamètre 3.1 mm travaillant en simple cisaillement.

Avec

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

A (section des planches) = 43 mm x 200mm = 8600 mm²

s (distance constante entre pointes) = 200 mm (cf. figure 3 en Annexe)

K_{ser} rigidité aux ELS (calcul selon EN 1995-1-1 §7.1) : 539 N/mm

lt (longueur de la dalle bois) = 6.0 mètres

Calcul en phase définitive

Compte tenu de l'absence d'un critère permettant, pour un montage donné, de garantir l'absence de glissement entre prédalle bois et dalle béton sous les charges envisagées, on considère ce glissement possible et le dimensionnement doit en tenir compte. Pour ce faire, on s'inspire de la méthode dite « méthode γ » détaillée en annexe B de l'Eurocode 5, en considérant une valeur forfaitaire de γ égale à 0,66 (caractérisant le glissement) et une section homogénéisée en fonction des modules d'élasticité respectifs du bois et du béton.

$$\text{Avec } n = \frac{E_{cm}}{E_{o,mean}} \text{ et } \gamma = 0,66$$

On calcule x , position de l'axe neutre élastique, ainsi que I_{ef} , inertie équivalente de la section mixte :

$$x = \frac{A_{bo} \cdot x_{bo} + 0,66 \cdot n \cdot A_b \cdot x_b}{A_{bo} + 0,66 \cdot n \cdot A_b}$$

$$I_{ef} = I_{bo} + n \cdot I_b + A_{bo}(x - x_{bo})^2 + 0,66 \cdot n \cdot A_b(x - x_b)^2$$

avec :

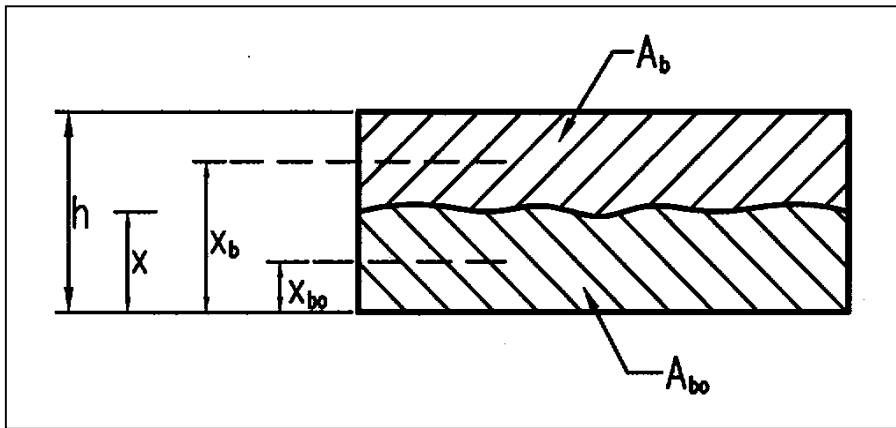
A_{bo} : section transversale de bois

A_b : section transversale de béton

x_{bo} : position de la fibre neutre de la section transversale de bois par rapport à la fibre inférieure de la section totale

x_b : position de la fibre neutre de la section transversale de béton par rapport à la fibre inférieure de la section totale

$\gamma = 0,66$ et n définis plus haut



Le couple (x , I_{ef}) permet de calculer la contrainte maximale de traction du bois ($\sigma_{bo,t}$), la contrainte maximale de compression du béton (σ_{bc}), la contrainte maximale de cisaillement du bois (τ_{bo}) et la contrainte maximale de cisaillement du béton (τ_b) :

$$\sigma_{bo,t} = \frac{M_{sd}}{I_{ef}} \cdot x \quad \sigma_{bc} = 0,66 \cdot n \cdot \frac{M_{sd}}{I_{ef}} (h - x) \quad \tau_{bo} = \frac{V_{sd}}{I_{ef}} \frac{x^2}{2} \quad \tau_b = 0,66 \cdot n \cdot \frac{V_{sd}}{I_{ef}} \frac{(h - x)^2}{2}$$

M_{sd} et V_{sd} étant respectivement le moment maximal sollicitant et l'effort tranchant maximal sollicitant.

Les contraintes ainsi obtenues sont à comparer aux contraintes de calcul définies par l'Eurocode 2 (pour le béton) et l'Eurocode 5 (pour le bois).

* * *

Les flèches sont calculées en phase provisoire (flèche de la prédalle bois sous son poids propre, le poids du béton frais et les charges variables de chantier) et en phase définitive, en appliquant les formules de la RDM aux sections à considérer (section bois ou section mixte homogénéisée tenant compte du glissement). En phase provisoire, le calcul de la flèche tient compte de la présence d'étais.

En phase définitive, les valeurs limites des flèches sont celles recommandées par l'Eurocode 5 pour les planchers courants sauf exigences plus contraignantes définies dans le cahier des charges et celles définies au §2.3 de l'Avis.

* * *

On tient compte des comportements différés des matériaux sous charge en introduisant les modules tenant compte du fluage :

$$E_{vj} = \frac{E_{ij}}{1 + \Phi} \text{ pour le béton} \quad E_{vj} = \frac{E_{ij}}{1 + k_{def}} \text{ pour le bois.}$$

Φ est donné dans l'Eurocode 2 en fonction de la durée d'application des charges.

k_{def} est donné dans l'Eurocode 5 en fonction de la classe de service et de la durée d'application des charges.

Il est important de noter que, le béton fluant plus que le bois, les contraintes diminuent dans le béton et augmentent dans le bois au cours du temps. De ce fait, le comportement instantané est dimensionnant pour la section de béton tandis que le comportement différé est dimensionnant pour la section de bois.

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe et domaine d'emploi proposé

Le plancher mixte bois-béton LIGNADAL est un plancher qui associe une prédalle formée de planches en bois à une dalle en béton coulé en place. La prédalle bois travaille en traction, la dalle béton en compression, pour former un plancher mixte.

Les planches de la prédalle bois sont clouées les unes à côté des autres et décalées en hauteur. Le décalage haut est usiné en profil de queues d'aronde. La liaison entre les planches en bois et la dalle béton est assurée par les queues d'aronde et des connecteurs transversaux en bois.

Le plancher LIGNADAL peut être utilisé en construction neuve ou réhabilitation, pour la réalisation de planchers d'étages, d'établissement recevant du public, de bâtiments d'habitation, de bureaux, d'activités sportives et d'autres destinations.

Il peut aussi être utilisé dans des atmosphères agressives, sous réserve de protection du bois.

Le plancher LIGNADAL peut être utilisé en zones sismiques de 1 à 4, pour les catégories d'importance de bâtiments de I à IV.

2. Caractéristiques des matériaux

2.1 Bois des planches

Le bois utilisé pour les planches et les connecteurs est du résineux de la classe de résistance C24 selon EN 14081 (classement visuel) avec une humidité comprise entre 15 et 18 %.

En milieu agressif (milieu humide ou ambiance extérieure) le bois est traité par imprégnation en autoclave d'un produit de préservation certifié CTB-P+, apte à conférer au bois sa durabilité pour la classe d'emploi d'emploi nécessaire.

Entre chaque prédalle bois préfabriqué est incorporé à la pose un joint mousse type compriband d'épaisseur 1cm.

2.2 Pointes

Pointes en acier, annelées ou torsadées, \varnothing 3,1 mm, de 90 mm de longueur minimale, marquées CE selon la norme EN14592. La résistance caractéristique au cisaillement d'une pointe par plan de cisaillement est de $F_{v,RK} = 723N$.

Les pointes sont électro zinguées en classes de service 1 ou 2. Béton coulé en place

2.3 Béton

Béton de sable et de granulats de diamètre maximum=16mm, dosé au minimum à 350 kg de ciment de la classe CEM II/B 32,5 par m³ de béton, de classe de résistance minimale C25/30 au sens de la norme NF EN 206/CN.

Pour faciliter le coulage, la consistance doit être plastique : 16 à 21 cm d'affaissement au cône d'Abrams, soit une appellation S4, selon la norme NF EN 206/CN.

La dalle de compression est armée d'un treillis soudé PAF10 au minimum. En cas de vérifications parasismiques, le treillis soudé passe en ST20.

2.4 Panneaux

Les prédalles peuvent être espacées sur une largeur maximale égale au tiers de la largeur des prédalles. Le panneau de fond de coffrage support de la dalle de compression est en OSB 4 ou contreplaqué de classe extérieure conforme à la norme EN 13986.

3. Description des composants

3.1 Planches en bois

Les planches en bois ont une épaisseur de 43 mm \pm 1mm et une hauteur comprise entre 90 et 220 mm \pm 2mm. L'humidité des planches est comprise entre 15% à 18%.

3.2 Prédalles LIGNADAL

Elles sont obtenues par clouage des planches accolées par leurs faces et alternativement décalées en hauteur. Le décalage est égal à 25 ou 35 mm, selon la hauteur des planches.

Le clouage est densifié pour les planches de hauteur supérieure à 165 mm : voir figures 2 et 3.

Le tableau qui suit indique les diverses dimensions possibles de planchers selon les planches utilisées, leur décalage en hauteur et l'épaisseur du béton coulé en œuvre. Ces intervalles donnés pour l'épaisseur garantissent que l'axe neutre élastique reste dans la hauteur des queues d'aronde.

Epaisseur prédalle	Epaisseur béton	Décalage planches
hbo [mm]	hbe [mm]	Δ [mm]
90	60	25
115	60 à 70	25
140	60 à 85	25
165	60 à 100	25
180	60 à 110	35
200	60 à 120	35
220	60 à 130	35

Pour des prédalles de grande longueur (portée), on peut utiliser des planches plus courtes que la longueur de la prédalle, avec des joints bout à bout cloués. Les joints sont décalés de 1 m minimum entre planches successives et il n'y a pas de joint dans la zone dite « centrale » égale à 30% de la longueur totale.

En cas de présence de ces joints, la rigidité du plancher est réduite de 20%.

La prédalle comporte en outre des rainures transversales sur toute la largeur de la prédalle et sur la hauteur des queues d'aronde des planches (25 ou 35 mm). Ces rainures transversales ont une largeur (sens de la longueur des prédalles) de 115mm. Dans chacune de ces rainures, un connecteur (moins large) (voir paragraphe 3.3 ci-après) est cloué contre la face coupée des queues d'aronde, située du côté central de la prédalle. Une fois le connecteur ainsi placé, il reste des rainures de 45 mm sur toute la largeur de la prédalle, qui seront remplies par le béton, assurant aussi un contact optimal entre le connecteur et la face coupée des queues d'aronde.

3.3 Connecteurs

Le connecteur est une latte du même bois que les planches, de 70 mm de largeur et de 25 mm d'épaisseur.

4. Fabrication des composants

La prédalle est normalement préfabriquée en atelier. En cas de réhabilitation, elle peut être réalisée directement sur site ; il peut en être de même lorsque les chantiers sont démunis de moyens suffisants de lavage.

- Les planches (ou lattes) sont assemblées les unes à côté des autres par clouage selon un plan défini. Chaque clou traverse deux lattes. Le clouage est réalisé en quinconce.

Le profil « visible » des planches, en sous-face des prédalles, est éventuellement usiné en fonction des applications souhaitées : arêtes abattues - décalage, etc ...

Dans le cas d'utilisations dans des atmosphères agressives, les lattes sont de toute longueur (afin d'éviter les joints entre des lattes plus courtes).

- Les connecteurs sont placés dans les rainures comme indiqué au paragraphe 3.2 ci-avant. Ils sont cloués aux planches.

5. Mise en œuvre

En construction neuve, la prédalle est livrée sur le chantier par éléments de largeur de 0,60 m à 1,20 m maximum. Un calepinage et un repérage des éléments sont réalisés par le fabricant.

Les prédalles sont posées avec 1 cm de joint entre elles pour permettre le gonflement éventuel des panneaux en phase de chantier. Ce joint est garni par un cordon de type COMPRIBAND.

Après mise en place des connecteurs et pose d'un treillis soudé anti-retrait (PAF10 ou ST20) calé à 3 cm au-dessus des queues d'aronde, la dalle en béton est coulée sur le chantier, en même temps que les chaînages périphériques.

L'épaisseur de la dalle de compression est fonction de la portée du complexe dans les limites indiquées au tableau du § 3.2 ci-avant. Au minimum, cette épaisseur est de 6 cm au-dessus des queues d'aronde et 7cm en cas de vérifications parasismiques. La liaison entre les prédalles préfabriquées est réalisée par le treillis soudé noyé dans la dalle de compression avec recouvrements sur trois soudures au minimum.

Cas particulier de la réhabilitation

On doit déposer le solivage existant, pour pouvoir poser les prédalles bois à la place.

La mise en œuvre du complexe peut être réalisée :

- Directement sur le chantier par clouage en place si l'on n'a pas de possibilité d'utiliser des moyens de levage ;
- Par une préfabrication d'éléments de prédalles en bois en éléments de faible largeur (largeur entre solives existantes).

Détail des appuis

La prédalle est posée sur un mur ou une poutre en retombée. La largeur minimale d'appui effectif hors coffrage est de 40 mm. En cas de risque de remontée d'humidité, un feutre de type 22S doit être incorporé entre le support et la prédalle.

Dans tous les cas, la surface d'appui doit être justifiée vis-à-vis de la contrainte de compression perpendiculaire dans les lattes en bois. Cette vérification est d'autant plus importante dans le cas de sous-face décaillée, où une latte sur deux réalise l'appui. Il convient également de s'assurer que la largeur d'appui mise en œuvre rend compatible la pression exercée sur le support avec sa résistance à l'écrasement.

Gaines électriques

Les incorporations de gaines électriques doivent faire l'objet des précautions suivantes :

- En murs, la sortie de la gaine se fait en dehors de la surface d'appui ;
- En dalle, celles-ci passent soit dans les creux du décalage des planches si elles sont parallèles à la portée, soit dans une feuillure réalisée dans la latte supérieure lorsqu'elles sont perpendiculaires ou de biais.

Ces réservations doivent laisser au moins 15 cm de bois derrière les connecteurs transversaux en bois pour reprendre l'effort tranchant.

Les gaines ne dépassent pas la hauteur des queues d'aronde. La hauteur minimale de béton (6 ou 7 cm) est prise à partir de la face supérieure de la queue d'aronde (Voir figure 11)

Transport à la grue sur chantier

A la fabrication, 4 points minimum de levage sont fixés sur chaque plancher. Ils sont positionnés symétriquement par rapport au centre de gravité, au quart de la longueur. Pour les planchers très longs, 2 points de manutention sont rajoutés au milieu de la portée.

Au moment de la fabrication, 1 planche est percée à mi-hauteur. Des sangles en nylon (de résistance 1T) sont intégrées dans ce percement et nouées pour faire des boucles dépassant du plancher, ce qui permet ensuite de mettre en place des élingues de levage.

Protection de la sous-face lors du transport et du déchargement

Si la sous-face de la prédalle reste visible, des précautions doivent être prises pour assurer la protection lors du transport et du stockage sur chantier. Cette protection peut être réalisée par un produit du type la-sure, ou par l'agrafage d'un produit rigide de type contreplaqué.

Le chargement et le déchargement se font de préférence à l'aide d'élingues, plutôt qu'avec un chariot élévateur qui risquerait d'endommager la sous-face de la prédalle.

Stockage sur chantier d'un élément fini

Des précautions sont prises pour stocker les prédalles sur chantier dans de bonnes conditions, afin d'éviter de souiller le parement visible du bois.

Si le stockage risque de soumettre la prédalle à de fortes intempéries durant plusieurs jours, il est obligatoire de la protéger des intempéries par une bâche étanche ou de la stocker sous abri.

Étalement et désétalement

Un étalement des prédalles bois est obligatoire, avant le coulage de la dalle de compression. Il faut au minimum une file d'étais au milieu de la portée ou 3 files d'étais pour les grandes longueurs.

Des filières bois sont positionnées sous les prédalles bois, elles sont sur toute la largeur des prédalles et des étais sont répartis dessous en fonction des charges en phase de montage. Les étais sont enlevés 28 jours minimum après le coulage.

Coulage du béton

Des précautions doivent être prises lors du bétonnage de la dalle de compression, afin d'éviter des accumulations excessives de béton localement.

En cas de trace de coulure de laitance de béton, il faut nettoyer à l'eau ces tâches tout de suite après le coulage, avant le séchage du béton.

Réservation et trémies

Des réservations jusqu'à 40 cm de largeur peuvent être intégrées dans le plancher LIGNADAL moyennant une réduction de la capacité portante fonction de leur dimension et de leur position. A titre d'exemple, on peut noter les facteurs de réduction suivant pour un plancher LIGNADAL 140/25/60 :

Facteur de réduction de la portée maximale	Réservation de largeur 20 cm	Réservation de largeur 40 cm
Réservation en milieu de portée	0,72	0,68
Réservation au quart de la portée	0,87	0,82

Quelle que soit la taille de la réservation, deux nappes de treillis soudés sont rajoutées des deux côtés de la réservation dans le sens de la longueur. Voir figure 6.

Au-delà de 40 cm, il faut prévoir une structure porteuse rapportée indépendante du plancher conçue selon les règles de l'art spécifiques au type de matériau utilisé pour la réaliser.

6. Dimensionnement – vérification par le calcul

6.1 Principes

Le système LIGNADAL travaille en section « mixte », la partie bois prenant principalement les efforts de traction et la partie béton travaillant principalement en compression.

La transmission des efforts de glissement entre les deux matériaux se fait d'une part par des effets d'adhésion entre le bois et le béton, par des effets de frottement entre queues d'aronde en bois et béton et par les lattes transversales appelées connecteurs qui transmettent des efforts par butée.

Le mode de calcul dépend de l'importance du glissement relatif entre les deux matériaux. Si le système composite subit un glissement entre les deux matériaux (système composite semi-rigide), il est possible de déterminer les efforts internes avec des méthodes par éléments finis. Pour des cas standards (poutre simple, charge uniformément répartie, connecteurs équidistants) la distribution des efforts internes peut être déterminée en utilisant l'annexe B de l'EUROCODE 5 (poutres assemblées mécaniquement ». Cette méthode permet de déterminer la réduction de l'inertie en fonction du module de glissement K (N/mm) du connecteur. Une campagne d'essais de flexion sur des planchers de 6m de portée a permis de déterminer ce niveau de connexion de l'ordre de 90%. Pour des raisons de sécurité, le coefficient γ a été fixé à 0.66.

Les phases successives des vérifications sont les suivantes :

- Détermination des caractéristiques géométriques et mécaniques des sections composites homogénéisées avec un coefficient d'homogénéisation :

$$n = \frac{E_{cm}}{E_{0,mean}}$$

avec : E_{cm} : module sécant d'élasticité du béton
 $E_{0,mean}$: module moyen d'élasticité axial de la prédalle.

- Vérification de la connexion :
 - Queues d'aronde bois : cisaillement, compression, arrachement (ELU)
 - Queues d'aronde béton : cisaillement (ELU)
 - Connecteurs transversaux : cisaillement du talon, compression axiale et transversale du connecteur (ELU)
- Vérification de la prédalle bois :
 - clous d'assemblage des planches : cisaillement et traction axiale (ELU)
 - zone d'appui : compression transversale (ELU)
 - fibre inférieure : traction axiale en phase définitive (ELU)
 - traction axiale en phase provisoire (béton frais) (ELU)
 - section prédalle : cisaillement vertical (ELU)
 - joints cloués : flèche en phase provisoire (ELS).

- Vérification de la dalle béton :
 - Fibre supérieure : compression axiale en phase définitive (ELU)
 - Section dalle : cisaillement vertical (ELU)
- Vérification en phase définitive :
 - Déformation : flèche instantanée et finale sous combinaison quasi-permanente, flèche finale nette et flèche active (ELS)
 - Vibrations selon le critère de rigidité (ELS)

Les formules utilisées pour effectuer les vérifications précédentes sont celles données par la résistance des matériaux, l'Eurocode 5, l'Eurocode 4 et l'Eurocode 2.

En cas de moment négatif, le béton est considéré comme du poids mort et le treillis soudé est négligé. La prédalle bois reprend dans ce cas tous les efforts dans les conditions suivantes :

- dans le cas des planchers sur trois appuis, la prédalle bois seule doit équilibrer sur l'appui intermédiaire un moment égal à 0,65 fois au moins celui de la travée isostatique de référence tandis que chacune des travées doit équilibrer au minimum un moment égal à 0,75 fois celui de la travée isostatique de référence.
- dans le cas de planchers sur deux appuis avec porte à faux, la prédalle bois seule doit reprendre sur l'appui le moment dû au chargement du porte à faux. Le moment à reprendre entre appuis n'est pas inférieur à 0,85 fois celui de la travée isostatique de référence.

6.2 Conception du plancher en zones sismiques

La fonction diaphragme est assurée par la présence de la table de compression en béton armé coulé en place sur toute la surface du plancher. Elle a une épaisseur minimale de 7 cm et est armée d'un treillis soudé continu totalement ancré sur les appuis de rive.

Pour les bâtiments de catégorie d'importance I en zones sismiques de 1 à 4, les bâtiments II en zones 1 et 2, les bâtiments III et IV en zone 1, le treillis soudé est de section PAF10 minimum. Sinon, le treillis soudé est ST20 minimum.

La continuité des armatures de recouvrement au droit des joints entre prédalles est assurée. La fonction liaison entre les murs porteurs est assurée par le treillis soudé de la table de compression.

7. Caractéristiques acoustiques

Un essai en laboratoire sur le plancher LIGNADAL 100/25/60 a montré un indice d'affaiblissement acoustique $R(\text{rose}) = 46\text{dB(A)}$ et un niveau de bruit de choc normalisé sans revêtement de sol $L_n = 93\text{dB(A)}$.

L'absorption acoustique due à la sous-face avec décalage des planches mesurée en laboratoire est égale à $\alpha_w = 0,20$.

Un second essai sur un plancher 165+25+100 a déterminé un indice d'affaiblissement acoustique $R(\text{rose}) = 67\text{dB}$ avec une chape de 60mm, et $R(\text{rose}) = 54\text{dB}$ sans chape. Le niveau de bruit de choc normalisé pour ce même plancher est $L_n = 52\text{dB}$ avec chape et $L_n = 85\text{dB}$ sans chape.

B. Résultats expérimentaux

- Essais mécaniques :
 - Essais de cisaillement sur éprouvettes 18 cm x 50 cm, réalisés au C.U.S.T. en 1998, en vue de déterminer la résistance et la rigidité de différents types de connexion bois-béton (Etude n° 98-04 du C.U.S.T.) ;
 - Essais de chargement instantané en flexion de plancher 6 m x 1,20 m mené jusqu'à la rupture, réalisés au C.U.S.T. en 1999, en vue de déterminer le fonctionnement global du plancher et de mesurer le module de glissement caractéristique ;
 - Essais de chargement cycliques sur éprouvettes et planchers en vue de déterminer le comportement dynamique de la connexion et du plancher LIGNADAL (Etude 2002.50 du C.U.S.T.) ;
- Essais acoustiques :
 - Détermination de l'indice d'affaiblissement acoustique au niveau du bruit de choc normalisé, réalisée au CSTB en juin 1999 (Rapport d'essais n°AC99077)
 - Détermination du coefficient d'absorption acoustique du plancher avec décalage des planches, réalisée au CSTB en octobre 2002 (Rapport d'essais n°AC02122).

C. Références

C1. Données Environnementales¹

Le procédé LIGNADAL ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

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

C2. Autres références

Le début de l'exploitation du procédé date de juin 1998.

Depuis cette date et jusqu'à avril 2014, il a été posé 23600m².

Exemples de réalisations :

- Bâtiment municipal – 21380 SAVIGNY LE SEC - 597m²
- Groupe scolaire – 43120 MONISTROL SUR LOIRE – 1229m²
- Centre aéré – 69300 CALUIRE ET CUIRE - 619m²
- Médiathèque – 42440 UNIEUX – 204m²
- EHPAD – 42660 MARLHES – 733m²

¹ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet avis.

Figures du Dossier Technique

Principe du plancher

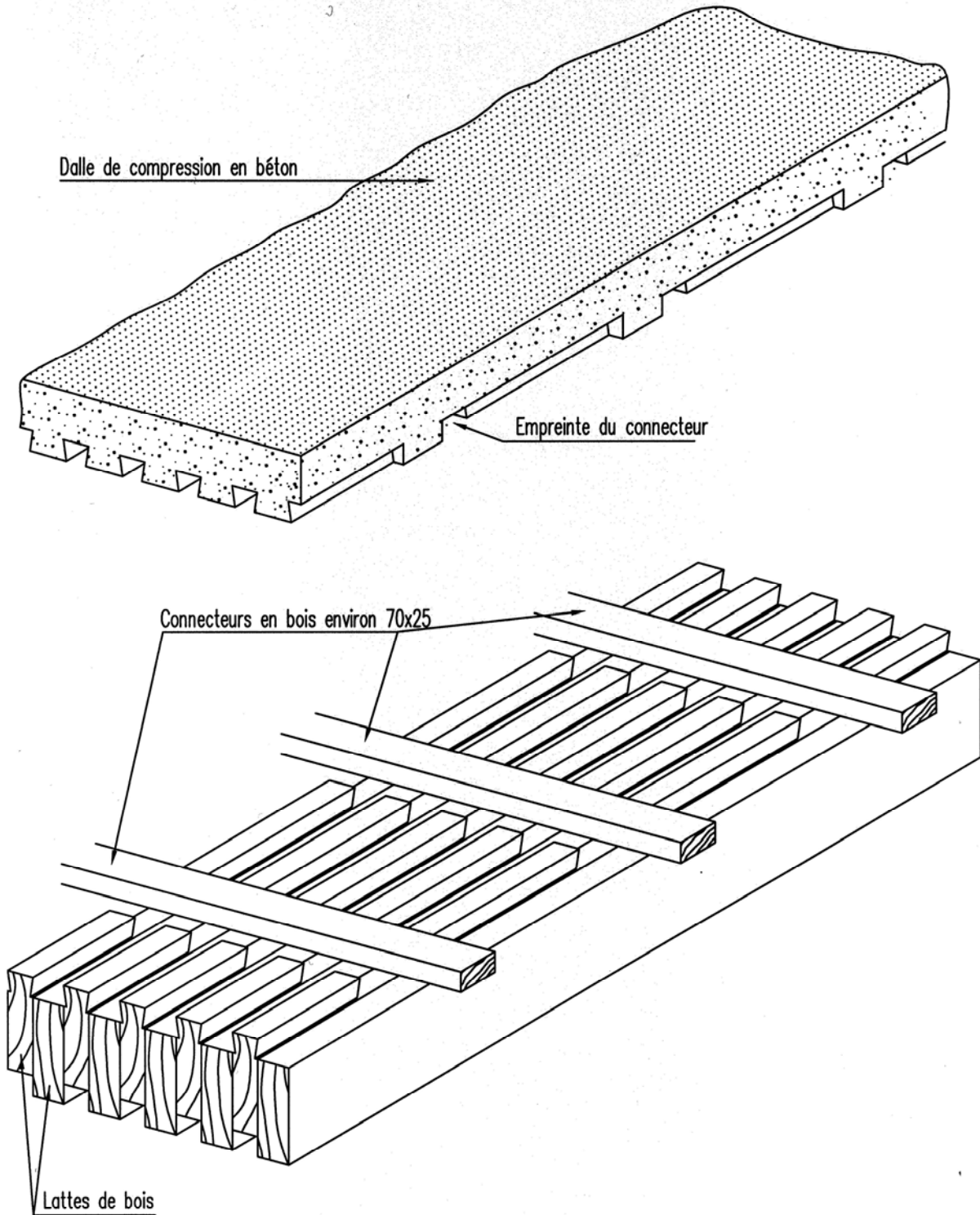


Figure 1 - Eclaté du plancher mixte LIGNADAL

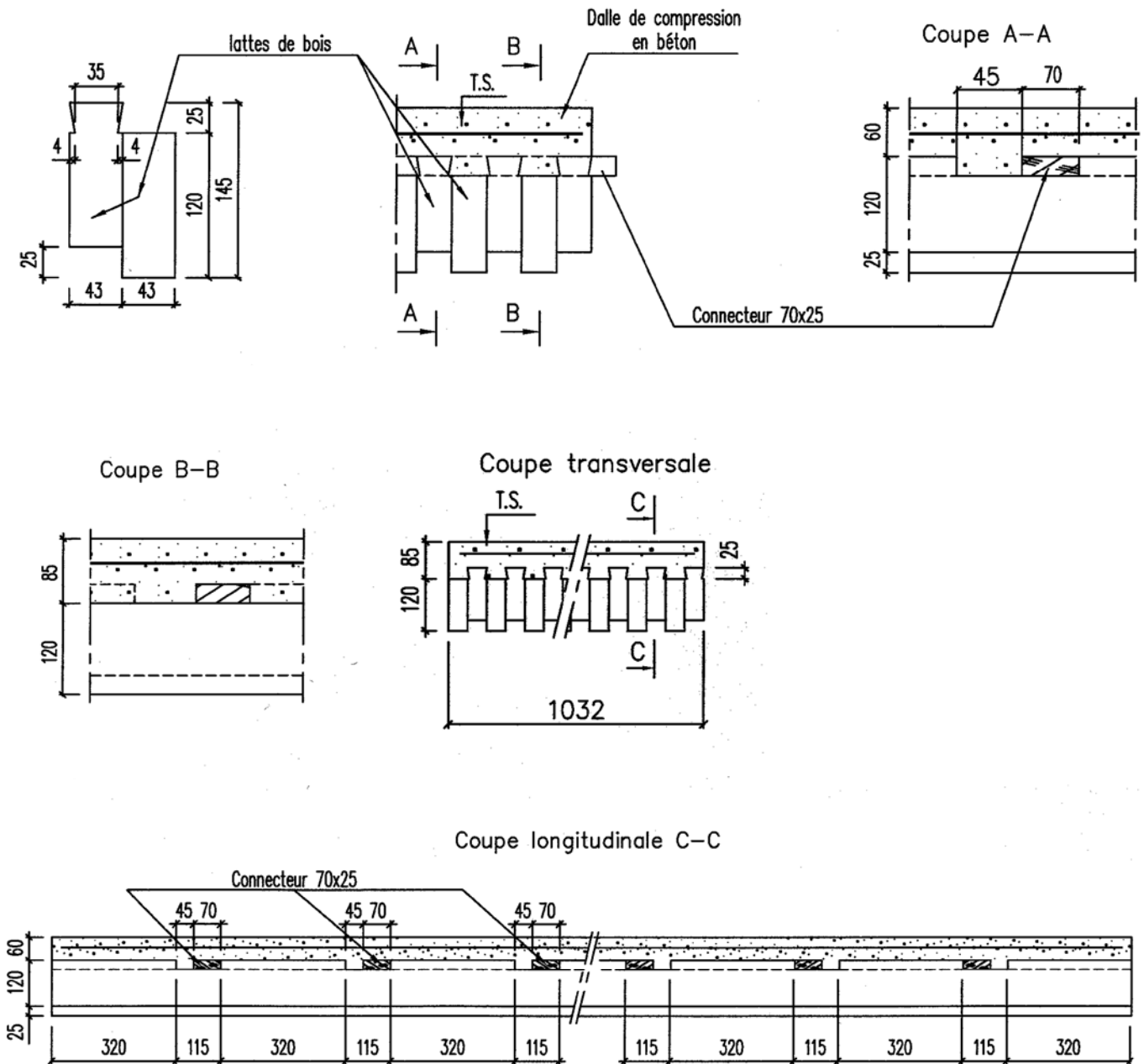
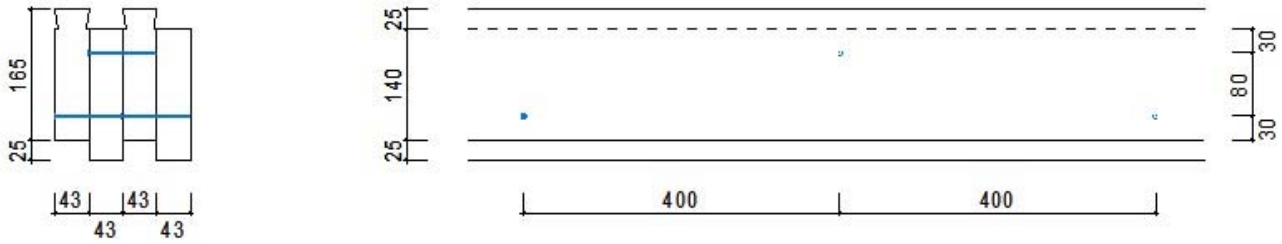


Figure 2 – Description de la géométrie du plancher LIGNADAL, des queues d'aronde et des connecteurs transversaux

Clouage des planches de hauteur inférieure ou égale à 165mm



Clouage des planches de hauteur supérieure à 165mm

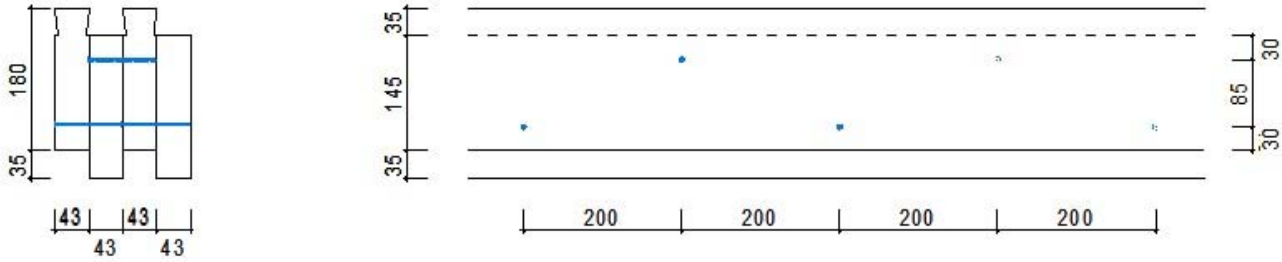


Figure 3 – Principe de clouage des planches

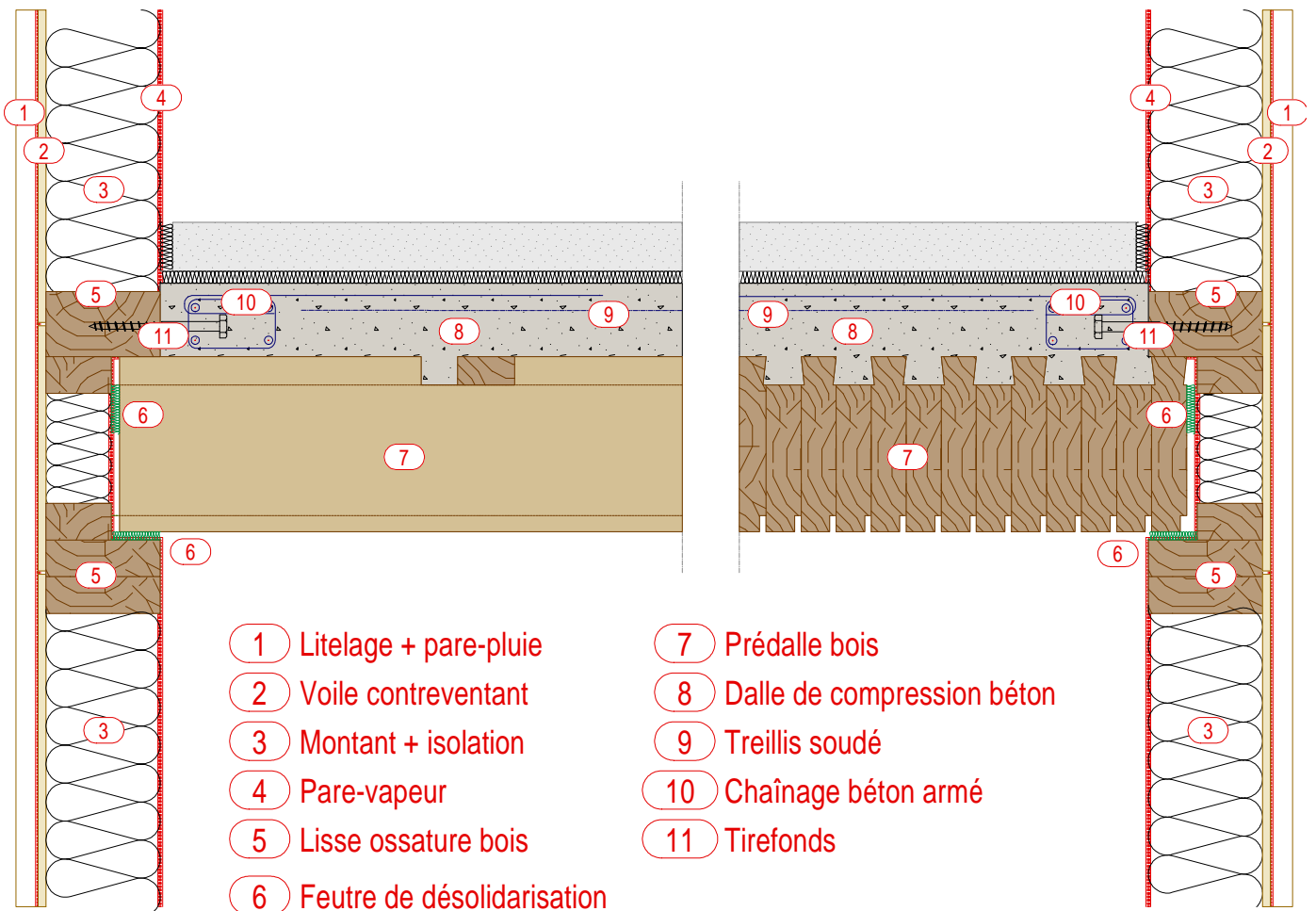


Figure 4 – Chaînage du plancher LIGNADAL sur mur ossature bois en zone sismique

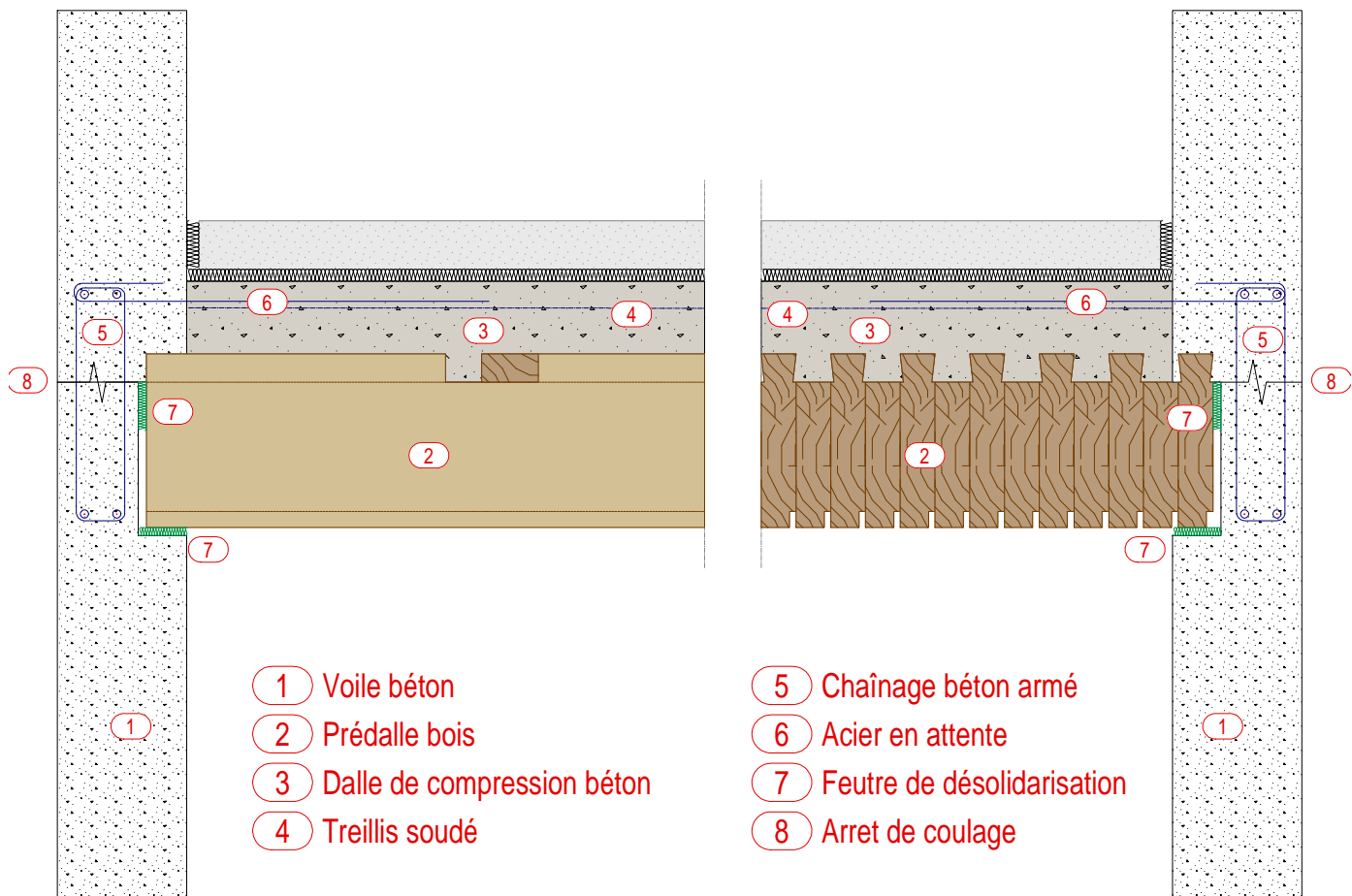


Figure 5 – Chaînage du plancher LIGNADAL sur mur béton en zone sismique

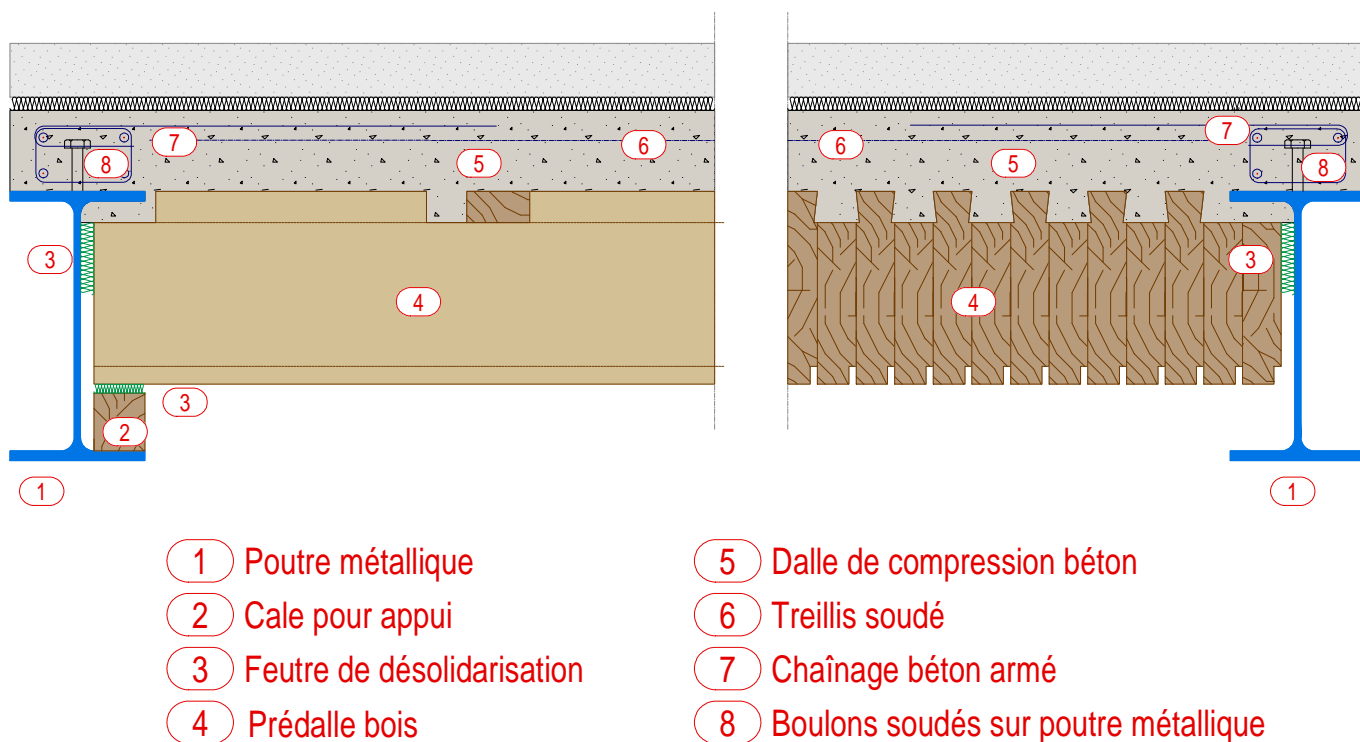


Figure 6 – Chaînage du plancher LIGNADAL sur poutre métallique en zone sismique

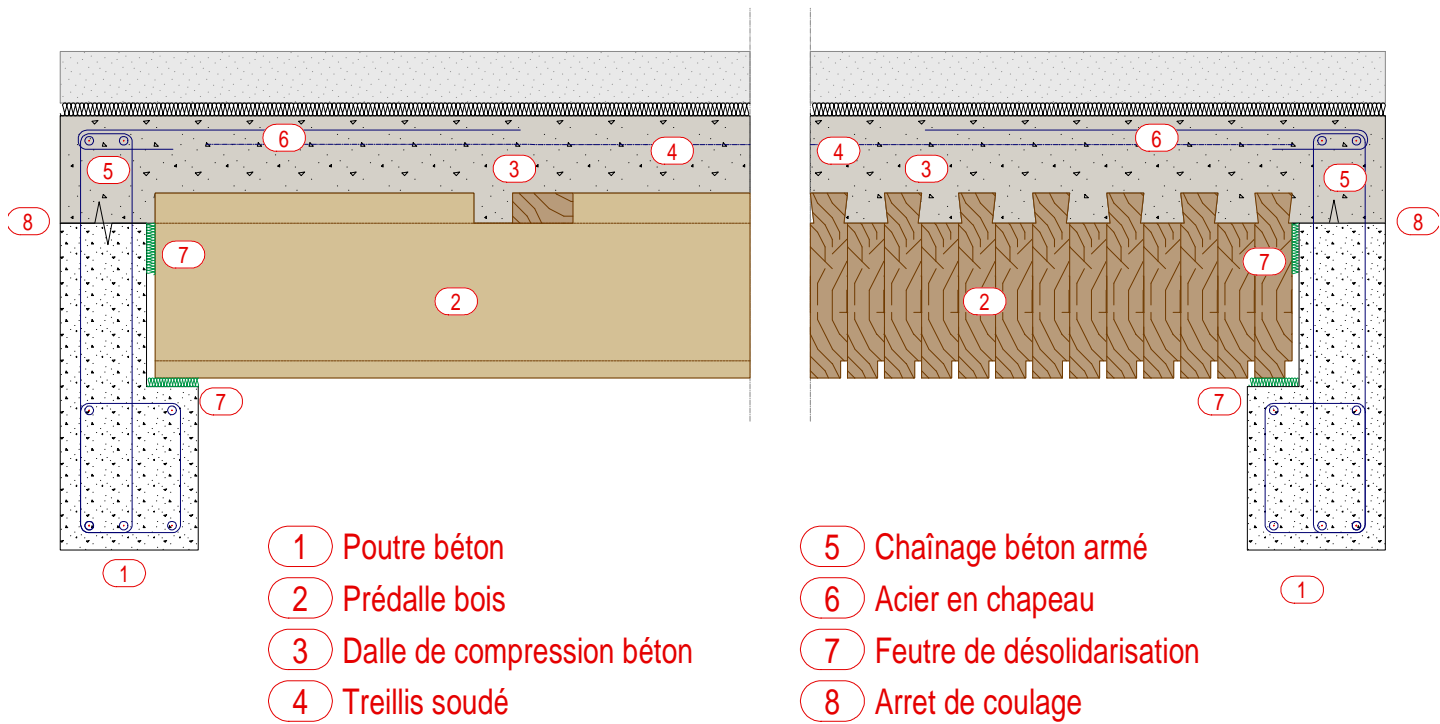


Figure 7 – Chaînage du plancher LIGNADAL sur ossature béton en zone sismique

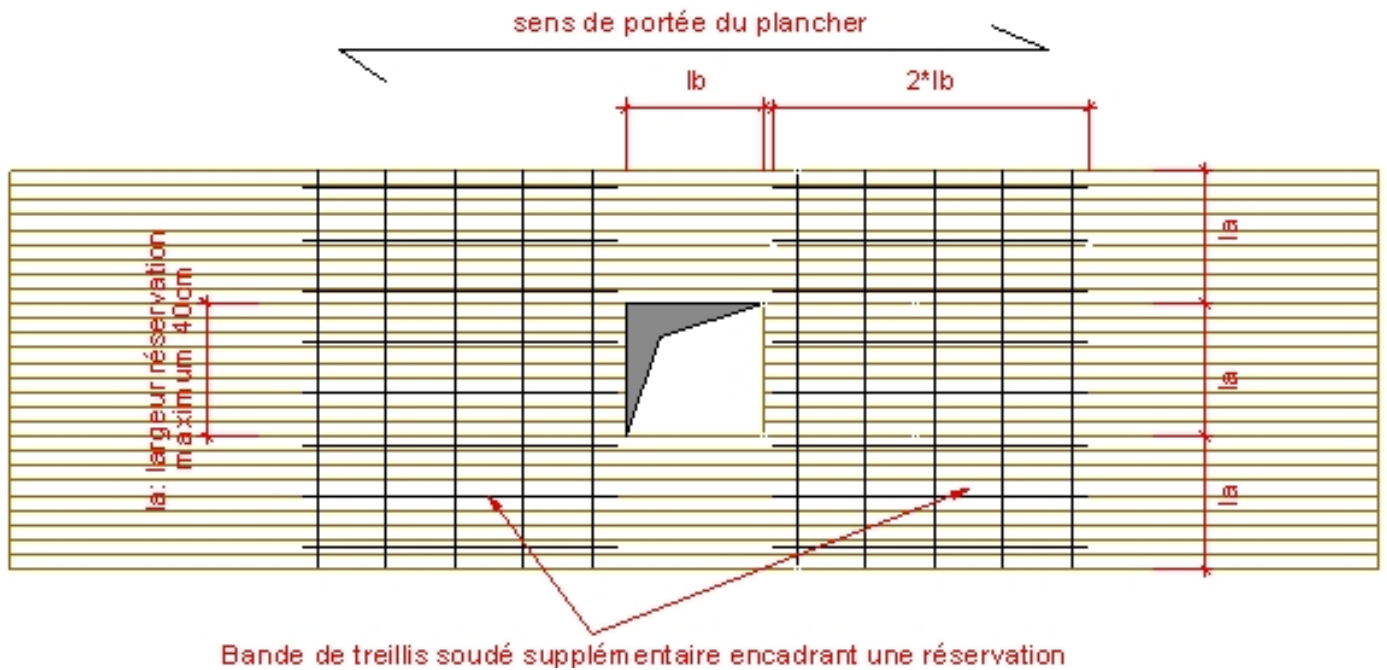


Figure 8 – Principe de renforcement du ferrailage autour d'une réservation

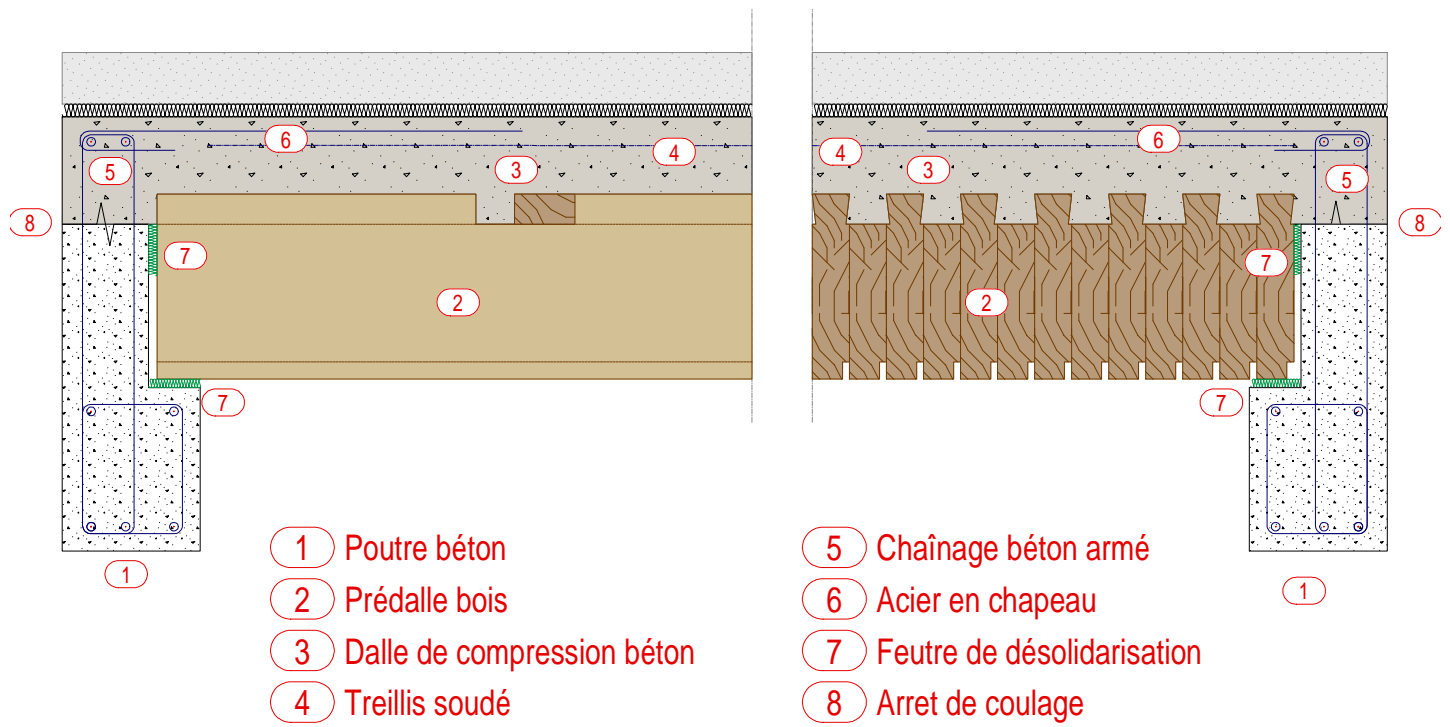


Figure 9 – Chaînage du plancher LIGNADAL sur ossature béton en zone sismique

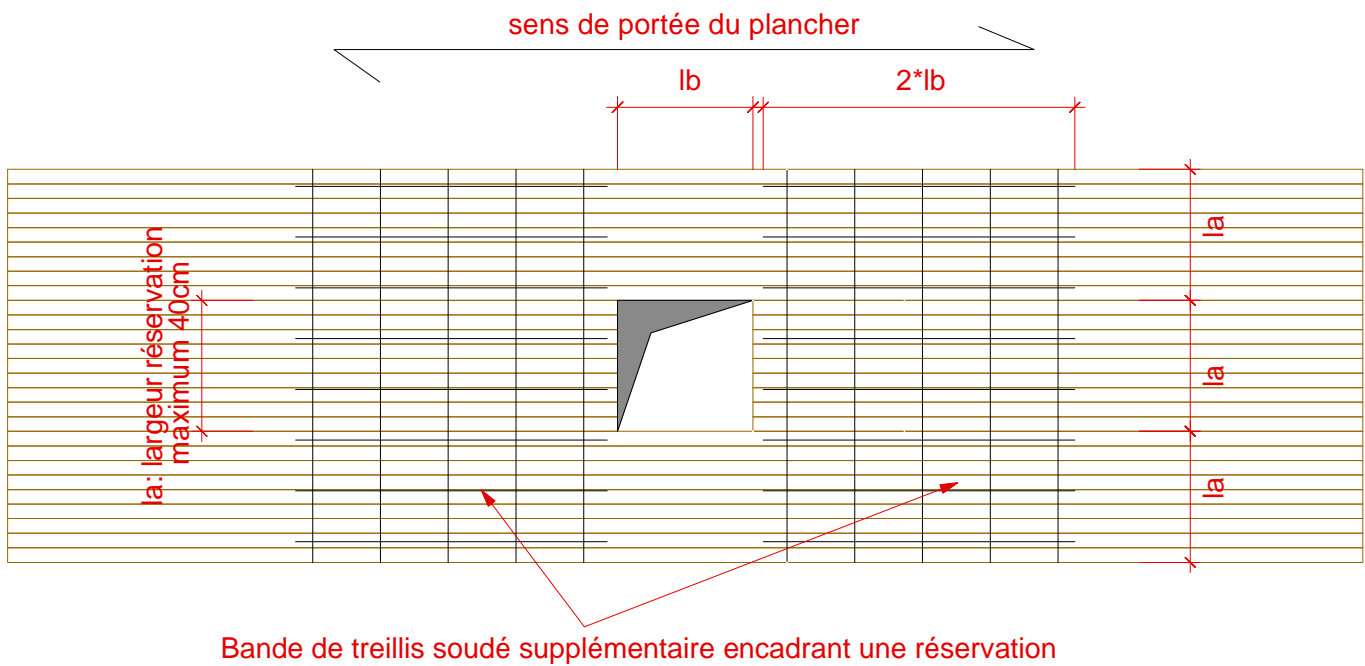
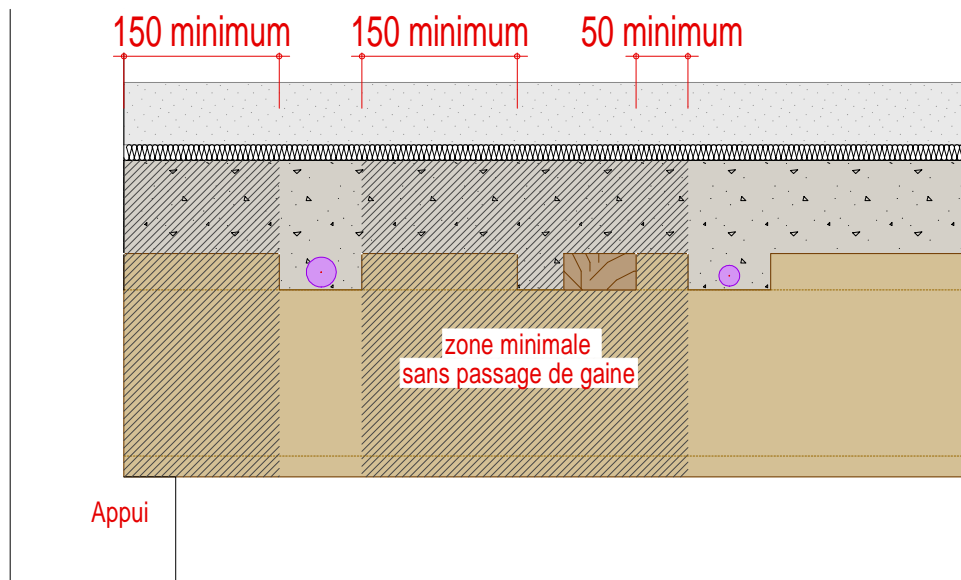


Figure 10 – Principe de renforcement du ferrailage autour d'une réservation



Attention : Aucune gaine ne doit dépasser de la hauteur des queues d'aronde

Figure 11 – Principe pour insertion de gaines dans plancher