

Sur le procédé

## LIGNADAL

**Famille de produit/Procédé :** Plancher mixte bois et béton

**Titulaire(s) :** Société LIGNATECH

### AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

**Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher**

## Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V4	Cette version, examinée le 13 novembre 2025, annule et remplace l'Avis Technique n°3.1/15-793_V3 et prévoit une détermination du module de glissement $K_{ser,fin}$ selon la norme XP/CEN TS 19103 sur décision du Groupe Spécialisé n°3.1.	PRAT Etienne	BERNARDIN-EZLAN Roseline
V3	Le document, examiné le 6 octobre 2022, intègre des modifications quant à la définition de la flèche active et ses limites	PRAT Etienne	BERNARDIN-EZLAN Roseline

### Descripteur :

Plancher 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.

## Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé .....	4
1.1	Définition succincte .....	4
1.1.1.	Description succincte .....	4
1.1.2.	Identification .....	4
1.2	AVIS .....	4
1.1.3.	Domaine d'emploi accepté .....	4
1.1.4.	Appréciation sur le procédé.....	5
1.1.5.	Prescriptions techniques .....	6
1.3	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé .....	12
1.4	Annexe 1 à l'Avis Technique .....	13
1.1.6.	Cas Général .....	13
1.1.7.	Dimensionnement.....	14
2.	Dossier Technique .....	20
2.1	Données commerciales .....	20
2.1.1.	Coordonnées.....	20
2.2	Principe et domaine d'emploi proposé .....	20
2.3	Caractéristiques des matériaux .....	20
2.1.2.	Bois des planches .....	20
2.1.3.	Pointes.....	20
2.1.4.	Béton.....	21
2.1.5.	Panneaux .....	21
2.4	Description des composants.....	21
2.1.6.	Planches en bois.....	21
2.1.7.	Prédalles LIGNADAL .....	21
2.1.8.	Connecteurs .....	21
2.5	Fabrication des composants .....	22
2.6	Mise en œuvre .....	22
2.1.9.	Cas particulier de la réhabilitation .....	22
2.1.10.	Détail des appuis .....	22
2.1.11.	Gaines électriques .....	22
2.1.12.	Transport à la grue sur chantier.....	23
2.1.13.	Protection de la sous-face lors du transport et du déchargement.....	23
2.1.14.	Stockage sur chantier d'un élément fini .....	23
2.1.15.	Etalement et désétalement .....	23
2.1.16.	Coulage du béton .....	23
2.1.17.	Réservation et trémies .....	24
2.7	Dimensionnement – vérification par le calcul.....	24
2.1.18.	Principes .....	24
2.1.19.	Conception du plancher en zones sismiques .....	25
2.8	Caractéristiques acoustiques.....	25
2.9	Résultats expérimentaux .....	25
2.10	Références .....	25
2.1.20.	Données Environnementales .....	25
2.1.21.	Autres références .....	25
2.11	Tableaux et figures du Dossier Technique .....	26

# 1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le , le procédé , présenté par la Société . Il a formulé, sur ce procédé, le Document Technique d'Application ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

## 1.1 Définition succincte

### 1.1.1. Description succincte

Plancher 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 maçonnés.

### 1.1.2. Identification

#### 1.1.2.1. Dalles 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 haute 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.

#### 1.1.2.2. Connecteurs

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 Dossier Technique).

#### 1.1.2.3. 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.

La dimension maximale du granulats est de 16 mm.

La dalle béton est ferrillée selon les besoins et au minimum avec un treillis soudé en acier PAF10 conforme aux normes NF EN 10080 et NF A35-080.

L'épaisseur minimale de la table de compression en béton est de 6 cm hors exigence sismique et de 7 cm lorsqu'une exigence sismique s'applique au bâtiment.

#### 1.1.2.4. Panneaux de coffrage

Les panneaux utilisés pour le coffrage entre éléments de dalles bois 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.

## 1.2 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 (§1.2.3.).

### 1.1.3. Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine pour les classes de service 1 à 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et en classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

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 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 pour des catégories d'usage A, B, C1, C2, C3, D1 et E1 au sens de la norme NF EN 1991-1-1.

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 ;

- 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 travées hyperstatiques ou de porte-à-faux est possible dans les conditions prévues au §1.2.3 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 (§1.2.3).

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.

#### 1.1.4. Appréciation sur le procédé

##### 1.1.4.1. 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 par les Prescriptions Techniques (§1.2.3 ci-après).

###### Sécurité en cas d'incendie

###### 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 (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 la norme NF EN 1995-1-2. Le degré coupe-feu est vérifié par application de la norme NF EN 1992-1-2 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 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 agréée, délivrée dans les conditions prévues à l'article 11 de l'arrêté du 22 mars 2004.

###### Réaction au feu

Les planchers LIGNADAL 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 de la prédalle dans l'ouvrage.

###### Propagation du feu aux façades

L'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds est assurée à la jonction façade-plancher par un calfeutrement en nez de plancher. La périphérie des baies est protégée conformément aux prescriptions de l'IT 249.

Dans les bâtiments pour lesquels il existe une exigence C+D, les dispositions constructives doivent répondre aux exigences de l'IT 249 et du guide Bois construction et propagation du feu par les façades V2.0 daté du 29 mars 2019.

###### 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 par les Prescriptions Techniques sont effectuées et satisfaites.

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 appliqué 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) ;

- Que les portées délimitées par les appuis n'excèdent pas les valeurs limites résultant des vérifications présentées dans le Dossier technique ;
- 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

La prédalle bois présente une isolation thermique « moyenne » évaluée par le coefficient U de transmission surfacique calculable conformément aux règles Th-Bât, 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  $\text{daN/m}^2$ ).

Les essais acoustiques suivants ont permis d'apprécier l'isolement acoustique du plancher LIGNADAL contre les bruits aériens et les bruits de choc :

- Conformément au Rapport d'Essais n°AC00-077 du CSTB, le procédé LIGNADAL composé d'une prédalle d'épaisseur 125 mm associée à une table de compression béton de 60 mm permet d'atteindre un indice d'affaiblissement acoustique  $R_w (C, C_{tr}) = 46 (-1 ; -4) \text{ dB}$  et un niveau de bruit de choc normalisé pour ce même plancher brut (sans revêtement de sol) est  $L_{n,w} = 90 \text{ dB}$  ;
- Conformément au Rapport d'Essais n°AC08-26015939 du CSTB, le procédé LIGNADAL composé d'une prédalle d'épaisseur 190 mm associée à une table de compression béton de 100 mm permet d'atteindre un indice d'affaiblissement acoustique  $R_w (C, C_{tr}) = 55 (-1 ; -3) \text{ dB}$  et un niveau de bruit de choc normalisé pour ce même plancher brut (sans revêtement de sol) est  $L_{n,w} = 85 \text{ dB}$  ;
- Conformément au Rapport d'Essais n°AC08-26015939 du CSTB, le procédé LIGNADAL 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 sur un isolant en laine de verre DOMISOL d'épaisseur 15 mm permet d'atteindre un indice d'affaiblissement acoustique  $R_w (C, C_{tr}) = 69 (-2 ; -8) \text{ dB}$  et un niveau de bruit de choc normalisé pour ce même plancher brut (sans revêtement de sol) est  $L_{n,w} = 52 \text{ dB}$ .

### 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.

#### 1.1.4.2. Durabilité - Entretien

Compte tenu de la limitation à des usages exposant les dalles LIGNADAL aux classes d'emploi 1 et 2, leur durabilité face aux éléments fongiques peut être normalement assurée soit du fait de la durabilité naturelle de l'essence utilisée, soit par l'application d'un traitement de préservation dans les conditions fixées au §1.2.3.2 des prescriptions techniques.

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 16 février 2010 modifiant 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 dalles LIGNADAL répondent à la réglementation en vigueur sous réserve des dispositions complémentaires données aux Prescriptions Techniques (§1.2.3.2 ci-après).

#### 1.1.4.3. Fabrication et contrôle

La fabrication des prédalles bois est effectuée en usine uniquement à partir de bois résineux de la classe C24 au minimum selon la norme NF EN 14081.

#### 1.1.4.4. Mise en œuvre

La mise en œuvre des planchers 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 LIGNADAL.

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

### 1.1.5. Prescriptions techniques

#### 1.1.5.1. Conditions de conception et de calcul

La conception et le calcul des panneaux LIGNADAL sont à la charge de l'entreprise LIGNATECH 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 prédalle bois qui fait office de « nervure » tendue. Le béton travaille donc essentiellement à la compression et le bois en traction.

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 cm<sup>2</sup>/m.

### 1.1.5.1.1. Vérifications en phase définitive

#### 1.1.5.1.1.1. 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 §1.2.3.1.4 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  $(k_n \cdot k_{mod} \cdot f_{m,k}) / \gamma_M$  et la contrainte développée dans le béton reste inférieure à :  $f_{ck} \cdot 0,85/1,5$ .

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

Le mode de calcul détaillé est donné dans §2.7 du Dossier Technique, ci-après.

#### 1.1.5.1.1.2. 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.

#### 1.1.5.1.1.3. Vérification à l'effort tranchant

Les vérifications suivantes doivent être menées :

- 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 (§6.6.2.1, 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 la norme NF EN 1992-1 (pour le béton) et la norme NF EN 1995-1 (pour le bois) à l'exception de la contrainte de cisaillement induite par le connecteur qui est limitée à la valeur issue des essais.

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)

Le mode de calcul détaillé est donné dans le §2.7 du Dossier Technique, ci-après.

#### 1.1.5.1.1.4. Le fléchissement

La flèche instantanée et la flèche finale doivent être calculée selon la norme XP CEN/TS 19103 comme défini en §1.4.2.2.5 et §1.4.2.2.6.

Le fléchissement final dû à toutes les charges ( $W_{net,fin}$ ) est limité conventionnellement à 1/250 de la portée.

Le fléchissement dû aux actions variables seules ( $W_{inst(Q)}$ ) est limité conventionnellement à 1/300 de la portée.

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, etc.). 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 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.

En l'absence de revêtement de sol fragile et de cloisons fragiles, la flèche active est limitée par la norme, ou en l'absence d'autres précisions, aux valeurs suivantes :

- $L/350$  pour  $L \leq 7,00$  m ;
- 1 cm +  $L/700$  pour  $L > 7,00$  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  $L \leq 5,00$  m ;
- $0,5$  cm +  $L/1000$  pour  $L > 5,00$  m.

#### 1.1.5.1.1.5. Conception des prédalles avec des planches de longueur individuelle inférieure à la portée et mises bout à bout

Dans le cas des planches mises bout à bout :

- Un décalage des joints de 1 m minimum entre planches successives dans le sens de la largeur doit être respecté ;
- Une absence de joints dans la zone centrale des prédalles doit être observée, 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 la norme NF EN 1995-1-1.

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.

#### 1.1.5.1.2. Vérifications en phase provisoire

##### Vérification de la sécurité

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/m<sup>2</sup>, charge appliquée à l'extérieur de l'aire de travail ;
- $1,5$  kN/m<sup>2</sup>, charge appliquée sur l'aire de travail de dimensions en plan 3 m x 3 m.

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.

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 §1.4.

#### 1.1.5.1.3. 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 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 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  $\gamma_d$  défini dans la norme NF EN 1998-1 § 4.4.2.5. La dalle béton et les connecteurs devront être dimensionnés en prenant respectivement en compte un coefficient de sur-résistance  $\gamma_d=1,3$  et  $\gamma_d=1,1$ .
- 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 maçonneries) ou connectées au moyen de tire fonds (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 chaînages doit présenter une résistance en traction minimale de 70 kN cf. au §9.10.2.2 de la norme NF EN 1992-1-1.

- Dans le cas des constructions à structure principale Bois, on pourra se référer au chapitre 8 de la norme NF EN 1998-1 et justifier la liaison du diaphragme horizontal par les assemblages des solives aux éléments de stabilité verticale.

Il ne sera pas nécessaire de respecter l'alinéa (2)P du §8.5.3 si les dispositions de ferrailage pour la dalle données dans l'article 5.10 de la norme NF EN 1998-1 sont respectées.

On devra alors vérifier la reprise des efforts de cisaillement transversal par les connecteurs sous l'effet de l'action sismique horizontale agissant perpendiculairement à la portée des solives.

#### **1.1.5.1.4. 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 2.7.1 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. Pour réduire les risques de fissuration sur les appuis, il convient de prévoir des armatures supérieures capables d'équilibrer un moment égal à  $0,30.M_0$  et de respecter un rapport de portées successives compris entre 0,8 et 1,2. La sollicitation  $0,30.M_0$  est reprise par une section bois-béton ou béton. Pour utiliser une section bois/béton, le joint entre les extrémités de travée bois doit avoir une largeur supérieure ou égale à 30mm +h/8, h correspondant à la hauteur de béton dans la nervure prise en compte dans la vérification.

Le sciage de la dalle béton n'est autorisé que s'il est prévu en phase conception et décrit sur les plans d'exécution.

#### **1.1.5.1.5. 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 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.

#### **1.1.5.1.6. Capacité résistante des connecteurs**

La capacité des connecteurs (connexion par queue d'aronde) à reprendre les efforts de cisaillement longitudinal auxquels ils sont soumis a été déterminée par des essais.

Ces valeurs sont à pondérer par le facteur  $k_{mod}$  donné dans la norme NF EN 1995-1-1 en fonction de la classe de service et de la durée d'application de la charge.

Les cales polystyrène ne sont pas admises au droit des connecteurs sur une distance de 300 mm de chaque côté.

#### **1.1.5.1.7. Répartition et espacement des connecteurs**

La répartition des connecteurs doit être déterminée par le calcul pour reprendre le glissement moyen à l'interface bois-béton, dans l'intervalle entre 2 connecteurs.

Les espacements des connecteurs bois sont de 365 mm.

Dans les deux tiers extrêmes de la dalle, les connecteurs reprennent les efforts de cisaillement.

La connexion est réalisée essentiellement par les queues d'aronde

#### **1.1.5.1.8. 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 dalle en bois ne dépasse pas sa contrainte admissible de compression transversale.

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

#### **1.1.5.1.9. Reprise de la flexion transversale**

Les sollicitations seront calculées en tenant compte de la section mixte bois/béton. Cette sollicitation sera comparée à la résistance calculée pour la dalle béton seule.

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 chargement ponctuels.

#### **1.1.5.2. Traitement de préservation**

En fonction de la classe d'emploi liée à la position des dalles LIGNADAL dans l'ouvrage d'une part, et à l'essence utilisée d'autre part, un traitement de préservation du bois peut être nécessaire. Il convient de respecter à cet égard les prescriptions des normes NF EN 335 et NF EN 350.

Lorsqu'un traitement est nécessaire, il doit être réalisé en usine après façonnage des planches, de même qu'après le traitement des découpes réalisées sur les dalles.

Conformément à la réglementation en vigueur, les dalles LIGNADAL qui participent à la solidité des bâtiments devront être protégés par une durabilité conférée ou naturelle contre les insectes à larves xylophages sur l'ensemble du territoire et en

complément, contre les termites dans les départements dans lesquels a été publié un arrêté préfectoral pris par l'application de l'article L. 133-5.

Les bâtiments neufs doivent être conçus et construits de façon à résister à l'action des termites et autres insectes xylophages. A cet effet doivent être mis en œuvre, pour les éléments participant à la solidité des structures, soit des bois naturellement résistant aux insectes ou des bois ou matériaux dérivés dont la durabilité a été renforcée, soit des dispositifs permettant le traitement ou le remplacement des éléments en bois ou matériaux dérivés.

#### 1.1.5.3. Conditions de fabrication

La fabrication est réalisée exclusivement par « Scierie FORGE-MAHUSSIER ». Les planches doivent être des résineux de classe de résistance C24 minimum selon la norme NF EN 338.

Le taux d'humidité du bois est de 12% avec un écart de 4% maximum entre toutes les planches d'une même prédalle bois.

La position, l'espacement, le nombre et la nécessité de pré-perçage devront être déterminés selon les prescriptions de la norme NF EN 1995-1-1. L'espacement des vis est variable le long de la portée sans pouvoir descendre en dessous de six fois le diamètre des vis. Les pointes lisses ne sont pas autorisées pour l'assemblage des planches.

#### 1.1.5.4. Conditions de mise en œuvre

Le levage et le déplacement des prédalles sont réalisés par des élingues passant sous les prédalles.

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 cm<sup>2</sup> 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 1992-1.

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

Les éléments en béton armé du plancher LIGNADAL doivent être mis en œuvre conformément aux prescriptions du DTU.

##### 1.1.5.4.1. Conditions d'exécution

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

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.

##### 1.1.5.4.2. 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 d'ailleurs, du béton.

Les joints de dilatations sont conçus conformément aux prescriptions de la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale française.

#### **1.1.5.4.3. 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.

#### **1.1.5.4.4. Utilisation en rénovation**

Dans le cas d'une utilisation en rénovation, les solives existantes devront être déposées et remplacées par le procédé LIGNADAL.

### *Appréciation globale*

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 1.2.1) est appréciée favorablement.

#### **1.3 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 termes de rigidité et de résistance liés à la présence des joints entre planches. Pour cette raison, l'Avis est formulé sous l'hypothèse exclusive d'un dimensionnement effectué par son titulaire, la société LIGNATECH 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.

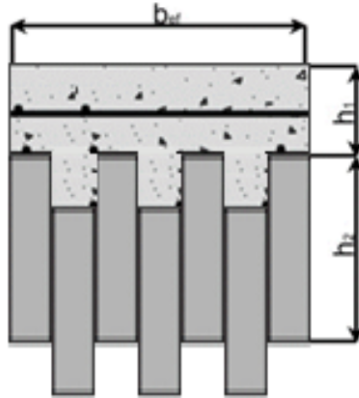
Le groupe attire également l'attention sur la spécificité du béton devant être mis en œuvre (relevant de formulations spéciales) notamment une certaine plasticité avec un rapport E/C faible.

## 1.4 Annexe 1 à l'Avis Technique

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.

### 1.1.6. Cas Général

#### 1.1.6.1. Données



Pour les calculs les notations retenues sont celles de l'Annexe B de la norme NF EN 1995-1-1.

Avec les indices  $i$  suivants :

- Béton :  $i=1$  ;
- Bois :  $i=2$ .

#### 1.1.6.1.1. Béton

On a pour le béton :

- $b_1 = b_{\text{eff}}$  : largeur de la section de béton considérée (mm)
- $h_1$  : Hauteur de la section de béton considérée (mm)
- $A_1$  : Aire de la section de béton considérée (mm<sup>2</sup>)
- $I_1$  : Moment d'inertie de la section de béton considérée (mm<sup>4</sup>)
- $\gamma_1$  : Coefficient de pondération de la quantité de rigidité en flexion apportée par la section de béton
- $a_1$  : 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)
- $E_{1,\text{inf}}$  : Module d'élasticité du béton sous chargement long terme (MPa)
- $\gamma_{m,1}$  : Coefficient partiel du matériau béton selon la norme NF EN 1992-1-1
- $f_{ck}$  : Résistance caractéristique cylindrique à la compression (Mpa)
- $f_{cd} = 0,85 \times f_{ck} / \gamma_{m,1}$
- $f_{yk}$  : Limite d'élasticité des armatures (MPa)

#### 1.1.6.1.2. Poutre en Bois

- $l_t$  : Portée (mm)
- $b_{2,i} = b_{\text{eff}}$  : Largeur de la section de bois considérée (mm)
- $h_{2,i}$  : Hauteur d'une section de bois considérée (mm)
- $A_{2,i}$  : Aire de la section de bois considérée (mm<sup>2</sup>)
- $I_{2,i}$  : Moment d'inertie de la section de bois considérée (mm<sup>4</sup>)
- $a_{2,i}$  : Distance reliant le centre de la section de bois à l'axe neutre (mm)
- $E_{2,i}$  : Module d'élasticité moyen du bois sous chargement court terme (MPa)
- $E_{2,\text{inf},i}$  : Module d'élasticité du bois sous chargement long terme (MPa)
- $k_{\text{mod}}$  : Coefficient dépendant de la classe de service et de la durée de charge selon la norme NF EN 1995-1-1
- $\gamma_{m,2}$  : Coefficient partiel du matériau bois selon la norme NF EN 1995-1-1
- $k_{\text{def}}$  : Coefficient de déformation dépendant de la classe de service selon la norme NF EN 1995-1-1
- $f_{m,k}$  : Résistance caractéristique à la flexion
- $f_{t,0,k}$  : Résistance caractéristique à la traction
- $f_{v,k}$  : Résistance caractéristique au cisaillement

Avec :

- Résistance de calcul à la flexion :  $f_{m,d} = k_{\text{mod}} \times k_h \times \frac{f_{m,k}}{\gamma_{m,2}}$

- Résistance de calcul à la traction :  $f_{t,0,d} = K_{mod} \times \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_{m,2}}$
- Résistance de calcul au cisaillement :  $f_{v,d} = K_{mod} \times \frac{f_{v,k}}{\gamma_{m,2}} \times k_{cr}$

Le coefficient de fissuration  $k_{cr}$  est défini dans la norme NF EN 1995-1-1:2004/A1:2008 § 6.1.7.

### 1.1.7. Dimensionnement

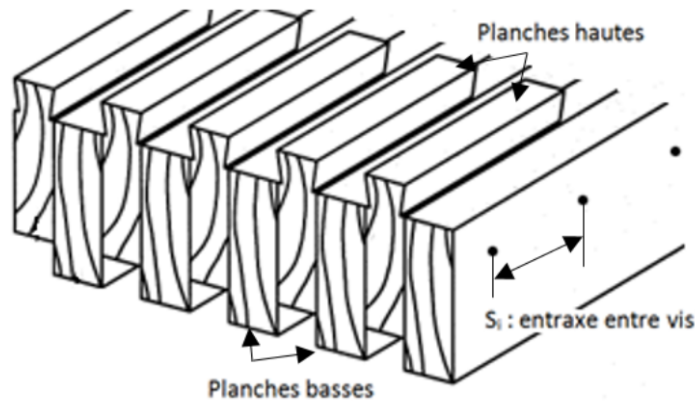
Le dimensionnement du plancher LIGNADAL porte sur la prédalle bois, la dalle béton et la connexion entre la prédalle bois et la dalle béton.

Les vérifications à effectuer sont menées, soit en phase provisoire (béton frais portant sur la prédalle bois) soit en phase définitive et en considérant selon les cas l'ELS ou l'ELU. La liste exhaustive de ces vérifications, leur objet et leur nature figurent au § 2.4.2 du Dossier Technique.

Compte tenu de l'absence d'un critère permettant, pour un montage donné, de garantir totalement 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 utilise la méthode dite « méthode  $\gamma$  » détaillée en annexe B de l'Eurocode 5, en considérant une valeur de  $\gamma$  (caractérisant le glissement) variable établi par un modèle élément fini et une section homogénéisée en fonction des modules d'élasticité respectifs du bois et du béton.

#### 1.1.7.1. Phase provisoire

##### 1.1.7.1.1. Rigidité de la prédalle bois



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 adaptée à ce cas tel que décrite dans le §2.7 du Dossier technique.

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 :

$$x_{bois} = \frac{x_{2,2}A_{2,2} + \gamma n A_{2,1}x_{2,1}}{A_{2,2} + \gamma_i n A_{2,1}}$$

$$n = \frac{E_{2,1}}{E_{2,2}}$$

Avec :

- $x_{2,i}$  : Position de l'axe neutre de la section i (mm) ;
- $\gamma_i$  : Le coefficient de liaison entre sections bois :

$$\gamma_i = \left[ 1 + \frac{\pi^2 \times E_{2,i} \times A_{2,i} \times s_{2,i}}{K_i \times l^2} \right]^{-1}$$

- $s_i$  : L'entraxe des fixations
- $K_i$  : la raideur de la fixation :

$$K_i = \rho^{1,5} \frac{d}{23}$$

- $\rho$  : La masse volumique du bois ;
- $d$  : Le diamètre du clou.

Exemple de taux de collaboration ( $\gamma_b$ ) à l'ELS initial pour la prédalle bois

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

Les planches sont en résineux de classe C24 ( $\rho=350 \text{ kg/m}^3$ ) de section 43 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 :

- $E_{\text{bois}}$  (module d'élasticité du bois) = 11000 MPa ;
- A (section des planches) = 43 mm x 200mm = 8600 mm<sup>2</sup> ;
- s (distance constante entre pointes) = 200 mm (cf. figure 3 en Annexe) ;
- $K_{\text{ser}}$  rigidité aux ELS des pointes (calcul selon la norme NF EN 1995-1-1 §7.1) : 539 N/mm ;
- lt (longueur de la dalle bois) = 6,0 mètres.

1.1.7.2. Vérifications de fléchissement du platelage

On vérifie aux ELU (cf. NF 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  $k_{\text{mod}}$  seront prises en conséquence pour chaque type d'élément de platelage.

$$\frac{F_{\text{max},k,0.05} \times k_{\text{mod}}}{\gamma_M \times k_{\text{disk}}}$$

Avec :

- $F_{\text{max},k,0.05}$  : capacité résistante caractéristique au fractile à 5% pour une charge concentrée à l'état limite ultime ;
- $k_{\text{disk}}$  : 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.

1.1.7.3. Phase définitive

**1.1.7.3.1. Rigidité du plancher**

Le plancher est constitué en phase définitive par la dalle mixte bois-béton composée en partie basse par la dalle bois et en partie haute par la table béton. Sous l'effet du cisaillement, le glissement entre les parties bois et béton est repris par des queues d'aronde bois 1 planche sur deux sur l'ensemble de la surface du plancher et par des connecteurs bois fixés dans des entailles réparties sur les 2 tiers extrêmes de la portée.

La rigidité de cette dalle est calculée selon la méthode de la norme NF EN 1995-1-1 Annexe B adaptée à ce cas tel que décrite dans le §2.7.1 du Dossier technique.

Une campagne d'essais de flexion sur des planchers de 6,00 m de portée a permis de déterminer ce niveau de connexion de l'ordre de 90%. Pour des raisons de sécurité, le coefficient  $\gamma$  a été fixé à 0,66.

**Raideur efficace de la dalle bois-béton**

Le calcul de la raideur efficace se fait par la formule suivante :

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

Avec :

$A_i$  : Aire de la section i

$E_i$  : Module d'élasticité de la section i

$I_i$  : Inertie de la section i

$\gamma_1=0,66$  (valeur déterminée par essais et abaissée d'un coefficient de sécurité pris à 1,35)

$\gamma_2 = 1$

$a_i$  : Distance de l'axe neutre de la section i à l'axe neutre de la section complète

Les valeurs de  $\gamma_i$  pour les parties bois-bois et bois béton sont calculées selon les indications des paragraphes ci-dessus.

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (h_1 + h_2)}{2 \sum_{i=1}^2 (\gamma_i E_i A_i)}$$

**1.1.7.3.2. Justification du moment fléchissant**

**Prédalle bois**

On a :

Contrainte de traction :

$$\sigma_i = E_i \cdot |\gamma_i a_i| \times \frac{M}{(EI)_{eff}} \text{ (traction moyenne)}$$

Contrainte de flexion :

$$\sigma_{m,i} = E_i \cdot \frac{h_i}{2} \times \frac{M}{(EI)_{eff}} \text{ (flexion)}$$

Vérification tension – traction axiale combinée du Bois

$$\frac{\sigma_{2,N}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{2,M}}{f_{m,d}} \leq 1$$

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**

$$\sigma_i = E_i \cdot |\gamma_i a_i| \times \frac{M}{(EI)_{eff}}$$

$$\sigma_{m,i} = E_i \cdot \frac{h_i}{2} \times \frac{M}{(EI)_{eff}} \leq f_{c,d} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

Avec :

- $\sigma_{1,max} = \sigma_{n,1} + \sigma_{m,1}$  (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).

### 1.1.7.3.3. Justification à l'effort tranchant

**Prédalle bois**

On vérifiera que :

$$\tau_{2,max} = \frac{E_2 b_2}{b_2 (EI)_{eff}} \frac{h^2}{2} V_{max} \leq f_{v,d} = f_{v,k} \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \times k_{cr}$$

Avec  $V_{max}$  : 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 : Afin d'éviter l'écrasement des bielles de compression de la dalle béton il faut vérifier l'inégalité suivante :

$$v_{Ed} \leq v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f$$

Avec :

- $\theta_f$  l'angle de la bielle de béton et respecte les limites :
  - $1,0 \leq \cot \theta_f \leq 2$  pour les membrures comprimés ( $45^\circ \geq \theta_f \geq 26,5^\circ$ ) ;
  - $1,0 \leq \cot \theta_f \leq 1,25$  pour les membrures tendues ( $45^\circ \geq \theta_f \geq 38,6^\circ$ ).
- Coefficient de réduction de la résistance du béton fissuré à l'effort tranchant (NF EN 1992-1-1 §6.2.2)

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

- Vérification des sections des armatures de reprise du cisaillement longitudinal de la membrure (Selon les dispositions de la norme NF EN 1994-1-1 (§6.6.6.2.1, Réf. 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 :

$$V_{Ed} = \Delta F_d / (h_1 \times \Delta_x)$$

Avec :

- $h_1$  est l'épaisseur de la membrure à la jonction ;
- $\Delta_x$  est la longueur considérée et égale à  $L/4$  (NF EN 1992-1-1 §6.2.4.3) ;
- $\Delta F_d$  est la variation de l'effort normal dans la membrure sur la longueur  $\Delta_x$ .  $\Delta F_d$  est égal à la moitié de la capacité des connecteurs répartis sur la longueur considérée  $\Delta_x$ .

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

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

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

$$v_{Ed} \leq v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f$$

Avec :

- $1,0 \leq \cot \theta_f \leq 2$  pour les membrures comprimés ( $45^\circ \geq \theta_f \geq 26,5^\circ$ ) ;
- $1,0 \leq \cot \theta_f \leq 1,25$  pour les membrures tendues ( $45^\circ \geq \theta_f \geq 38,6^\circ$ ).

Section d'armature minimale :  $A_{s_f}/s_f$  = quantité d'armature transversale mini par unité de longueur =  $v_{Ed} \times h_f/f_{yd}$

- Vérification des sections d'armatures de reprise de l'effort tranchant (cas de renformis) : 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 tranchante est donné par :

$$\rho_w = A_{sw}/(s_{arm} \cdot b_w \cdot \sin \alpha)$$

Avec :

- $\rho_w$  est le taux d'armature d'effort tranchant ;
- $A_{sw}$  est l'air de la section des armatures d'effort tranchant régnant sur la longueur  $s_{arm}$  ;
- $s_{arm}$  est l'espacement des armature d'effort tranchant, mesuré le long de l'axe longitudinal de la poutre ;
- $b_w$  est la largeur de la poutre bois ;
- $\alpha$  est l'angle entre les armatures d'effort tranchant et l'axe longitudinal.

Il faut vérifier l'équation suivante :

$$\rho_w \geq 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

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

#### 1.1.7.3.4. Vérification de la connexion

##### Vérifications queues d'aronde

L'effort rasant de cisaillement sur une queue d'aronde par ml de longueur est égal à :

$$F_{ri} = \frac{\gamma 1.E1.A1.a1.2.b.V_{max}}{(EI)ef}$$

Contrainte de cisaillement béton :

$$\text{①} = \frac{F_{ri}}{b} \leq f_{1,v,d}$$

Contrainte de cisaillement bois :

$$\text{②} = \frac{F_{ri}}{b_{inf}} \leq f_{2,v,d}$$

Contrainte de compression plan incliné :

$$\text{②}_{2,c,90,d} = \frac{F_{ri}}{2 \cdot \frac{h_{sup}}{\cos(\text{②})}} \leq f_{2,c,90,d}$$

Contrainte interne de traction bois :

$$\text{②}_{2,t,0,d} = \frac{F_{ri} \cdot \tan(\text{②})}{b_{inf}} \leq f_{2,t,0,d}$$

Avec :

- $V_{max}$  : effort tranchant maximum par ml de largeur de plancher ;
- $b$  : largeur planche = 43 mm ;
- $b_{inf}$  : largeur réduite queue d'aronde = 35 mm ;
- $h_{sup}$  : hauteur queue d'aronde 25 ou 35 mm ;
- $\alpha$  : angle queue d'aronde par rapport à l'axe vertical.

##### Vérifications connecteurs transversaux

Effort rasant sur le connecteur 1 le plus sollicité (le plus près des appuis) :

$$F_{rc1} = \frac{\gamma 1.E1.A1.a1}{(EI)ef} \cdot 0,5 \cdot (V_{max} - V_{int}) \cdot ac1$$

Avec :

- $V_{int} = \frac{V_{max} \cdot (\frac{L}{2} - ac1)}{L/2}$  ;
- $L$  : longueur du plancher ;
- $ac1$  : zone d'influence du connecteur 1 ;
- $dext$  : distance d'extrémité du connecteur 1 = 320 mm.

Contrainte de cisaillement bois :

$$\text{②} = \frac{F_{rc1}}{dext \cdot b \cdot \frac{1m}{2b}} \leq f_{2,v,d}$$

Contrainte de compression axiale queues d'aronde :

$$\sigma_{2,c,0,d} = \frac{Frc1}{\frac{b_{inf} + b}{2} \cdot h_{sup} \cdot \frac{1m}{2b}} \leq f_{2c,0,d}$$

Contrainte de compression perpendiculaire connecteur :

$$\sigma_{2,c,90,d} = \frac{Frc1}{b \cdot h_c \cdot \frac{1m}{2b}} \leq kc_{90} \cdot f_{2,c,90,d}$$

Contrainte de compression localisées béton :

$$\sigma_{1,c,d} = \max(\sigma_{2,c,90,d}; \sigma_{2,c,0,d}) \leq f_{1,c,d}$$

### 1.1.7.3.5. Vérification de la flèche instantanée.

#### 1.1.7.3.5.1. Calcul de la rigidité équivalente en flexion à court terme.

La rigidité équivalente en flexion aux ELS se calcule de la même manière qu'aux ELU en prenant en compte le coefficient de glissement de service ( $K_{ser}$ ) et non celui de rupture ( $K_u$ ) défini selon la norme XP CEN/TS 19103.

#### 1.1.7.3.5.2. Vérification de la flèche à court terme.

La flèche maximale se calcule en prenant en compte la rigidité effective calculée au point précédent.

Pour ce qui concerne les poutres isostatiques sur deux appuis et sans porte-à-faux chargées uniformément, la flèche se vérifie selon :

$$f_{max} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{ELS} l^4}{(EI)_{eff,inst}} \leq w_{inst}$$

### 1.1.7.3.6. Vérification de la flèche finale.

Pour les vérifications des ELS à l'état final, il convient de remplacer les modules d'élasticité du bois et du béton par des modules finaux suivant la norme XP CEN/TS 19103.

$$E_{1,fin} : \frac{E_1}{(1 + \psi_{conc} \varphi(\infty, t_0))}$$

$$E_{2,fin} : \frac{E_2}{(1 + \psi_{tim} \cdot k_{def})}$$

$$K_{ser,fin} : \frac{K_{ser}}{(1 + \psi_{conn} \cdot 2 \cdot k_{def})}$$

Avec :

$E_1$  : est le module d'élasticité du béton au temps  $t_0$  selon 3.1.3 (3) de l'EN 1992-1-1.

$E_{1,fin}$  : est le module d'élasticité efficace à long terme du béton.

$E_2$  : est la valeur moyenne du module d'élasticité du bois.

$E_{2,fin}$  : est le module d'élasticité efficace à long terme du bois.

$\varphi$  : coefficient de fluage pour le béton. Sa valeur est donnée dans l'Eurocode 2.

$\psi_{tim}$  : coefficient pour la valeur quasi-permanente de l'action. Sa valeur est donnée dans la norme XP CEN/TS 19103.

$k_{def}$  : facteur de modification des déformations. Prendre ici le  $k_{def}$  relatif au bois utilisé. Sa valeur est donnée dans l'Eurocode 5.

$\psi_{conc}$  : coefficient tenant compte de l'influence de l'action mixte sur le coefficient de fluage efficace du béton donné dans la norme XP CEN/TS 19103.

$\psi_{conn}$  : coefficient tenant compte de l'influence de l'action mixte sur le coefficient de fluage efficace de l'assemblage donné dans la norme XP CEN/TS 19103.

Dans le cas des poutres isostatiques sur deux appuis et sans porte-à-faux, la flèche sous l'effet d'une charge uniformément répartie se vérifie selon :

$$f_{max} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{ELS} l^4}{(EI)_{eff,fin}} \leq w_{net,fin}$$

### 1.1.7.3.7. Vérification de la flèche active

En l'absence de précision fournie par la norme NF EN 1995-1-1 ou son Annexe Nationale, il convient de prendre pour les déplacements, les valeurs suivantes.

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, etc.). 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 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.

En l'absence de revêtement de sol fragile et de cloisons fragiles, la flèche active est limitée par la norme, ou en l'absence d'autres précisions, aux valeurs suivantes :

- $L/350$  pour  $L \leq 7,00$  m ;
- $1 \text{ cm} + L/700$  pour  $L > 7,00$  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  $L \leq 5,00$  m ;
- $0,5 \text{ cm} + L/1000$  pour  $L > 5,00$  m.

## 2. Dossier Technique

Issu du dossier établi par le titulaire

### 2.1 Données commerciales

#### 2.1.1. Coordonnées

Titulaire : Société LIGNATECH  
412 Route des Essarts, Place Bouthier  
FR – 42370 Saint-Haon Le Vieux  
Email : contact@lignatech.fr  
Internet : www.lignatec.fr

Distributeur : Société LIGNATECH  
MAYEURE  
FR – 42370 Saint-Haon Le Vieux

### 2.2 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 procédé vise les utilisations en France métropolitaine pour les classes de service 1 à 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et en classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

Le plancher LIGNADAL peut être utilisé 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 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 pour des catégories d'usage A, B, C1, C2, C3, D1 et E1 au sens de la norme NF EN 1991-1-1.

Les utilisations sous charges pouvant entraîner des chocs ou des phénomènes de fatigue ne sont pas visées par ce Dossier Technique.

Les cas suivants ne sont pas visés :

- Cloisons lourdes (masse > 250 kg/ml) parallèles au sens de portée des prédalles ;
- 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 travées hyperstatiques ou de porte-à-faux est possible dans les conditions prévues au §2.3 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 (§1.2.3).

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.

### 2.3 Caractéristiques des matériaux

#### 2.1.2. Bois des planches

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

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

#### 2.1.3. Pointes

Pointes en acier, annelées ou torsadées,  $\varnothing 3,1$  mm, de 90 mm de longueur minimale, marquées CE selon la norme NF EN 14592. La résistance caractéristique au cisaillement d'une pointe par plan de cisaillement est de  $F_{v,Rk} = 723$  N.

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

### 2.1.4. Béton

Béton de sable et de granulats de diamètre maximum = 16 mm, dosé au minimum à 350 kg de ciment de la classe CEM II/B 32,5 par m<sup>3</sup> 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.

### 2.1.5. 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 NF EN 13986.

## 2.4 Description des composants

### 2.1.6. Planches en bois

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

### 2.1.7. 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.

<b>Epaisseur prédalle</b>	<b>Epaisseur béton</b>	<b>Décalage planches</b>
<i>hbo [mm]</i>	<i>hbe [mm]</i>	$\Delta$ [mm]
<b>90</b>	60	25
<b>115</b>	60 à 70	25
<b>140</b>	60 à 85	25
<b>165</b>	60 à 100	25
<b>180</b>	60 à 110	35
<b>200</b>	60 à 120	35
<b>220</b>	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 dans le sens de la largeur 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 115 mm. Dans chacune de ces rainures, un connecteur (moins large) (voir paragraphe 2.4.3 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.

Pour rappel, pour que le plancher puisse assurer la fonction diaphragme l'épaisseur de béton au-dessus des prédalles en bois doit être au moins égale à 70 mm (cf. §2.7.2).

### 2.1.8. Connecteurs

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

## 2.5 Fabrication des composants

La prédalle est préfabriquée en atelier.

- Les planches et les connecteurs sont assemblés deux à deux par clouage selon un plan défini. Chaque clou traverse deux planches.

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.

- Les connecteurs sont placés dans les rainures comme indiqué au paragraphe 2.4.2 ci-avant. Ils sont cloués aux planches.

## 2.6 Mise en œuvre

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 §2.4.2 ci-avant. Au minimum, cette épaisseur est de 6 cm au-dessus des queues d'aronde et 7 cm 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.

### 2.1.9. 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 par une préfabrication d'éléments de prédalles en bois en éléments de faible largeur (largeur entre solives existantes) afin de faciliter le levage.

### 2.1.10. 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 planches. Cette vérification est d'autant plus importante dans le cas de sous-face décalée, où une planche 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.

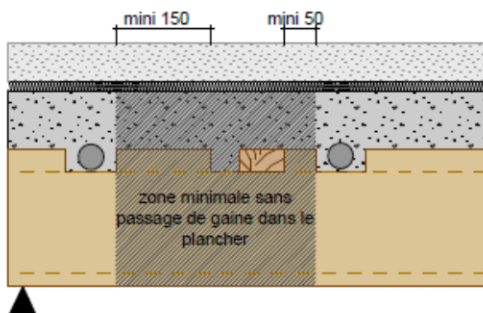
### 2.1.11. Gaines électriques

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

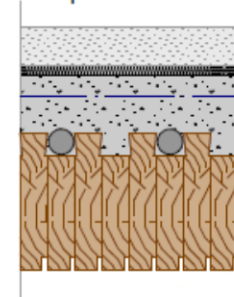
- Le passage de câbles ou gaines par le biais d'un percement ou d'une découpe des planches en partie inférieure ou au droit des appuis n'est pas admis ;
- Les câbles ou gaines parallèles aux planches peuvent passer dans le plénum créé par le décalage des planches en partie inférieure ;
- Les câbles ou gaines perpendiculaires aux planches (ou de biais) peuvent passer dans une feuillure réalisée dans le débord supérieur des planches, ces feuillures étant réalisées en atelier au moment de la préfabrication des dalles.

**Figure 1 – Passage des gaines dans les planchers LIGNADAL**

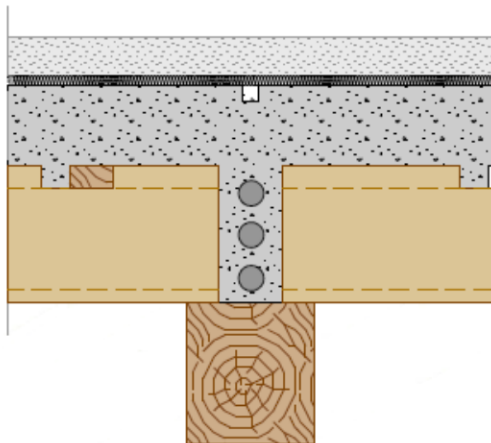
Gaines perpendiculaires à la portée ou de biais



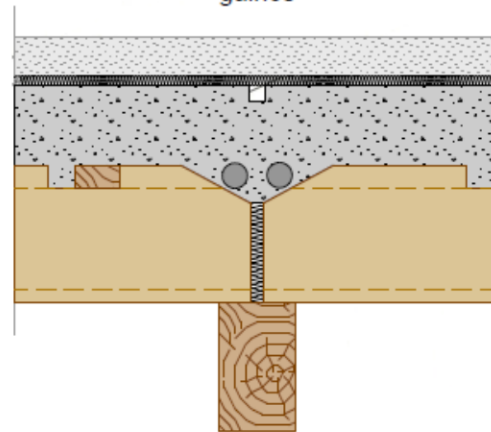
Gaines parallèles à la portée dans l'épaisseur des queues d'aronde



Gaines parallèles à la portée sur un appui



Chanfreins sur les prédalles pour le passage des gaines



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 12).

### 2.1.12. Transport à la grue sur chantier

Les planchers bois sont livrés sur chantier sans dispositif de levage. L'entreprise de pose doit prévoir les moyens de manutention au levage et à la pose : élingues entourant le panneau préfabriqué ou des anneaux de levage vissés sur la face supérieure, sous réserve de déterminer leur nombre en fonction de leur résistance d'arrachement.

Pour éviter la déformation, la largeur des panneaux préfabriqués est limitée à 1,20 m maximum.

### 2.1.13. 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 lasure, 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 ou d'anneaux de levage sur la face supérieure, plutôt qu'avec un chariot élévateur qui risquerait d'endommager la sous-face de la prédalle.

### 2.1.14. Stockage sur chantier d'un élément fini

Il faut privilégier la pose des prédalles bois à l'avancement. Dans le cas de stockage des prédalles sur chantier, des précautions sont prises, 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. Une fois posées, il faut également protéger les prédalles bois par un bâchage, si le coulage du béton ne pouvait être réalisé rapidement.

Le taux d'humidité moyen des prédalles sortant d'usine est de  $15 \pm 3$  %. L'entreprise en charge des travaux doit prendre les dispositions nécessaires sur chantier afin de prévenir des reprises d'humidité trop importantes.

### 2.1.15. Etalement 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 poutrelles d'étalement sont positionnées sous les prédalles bois, elles sont disposées 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.

Le nombre de rangées d'étais dépend de la flèche instantanée des prédalles bois (résistantes seules) en phase de coulage du béton : flèche variable selon l'entraxe des rangées d'étais, l'épaisseur du bois, et le poids du béton. La flèche lors de cette phase est limitée à  $L/500$  si un aspect de sous face est nécessaire et  $L/200$  sinon.

### 2.1.16. 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.

### 2.1.17. Réserve et trémies

Des réserves 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	Réserve de largeur 20 cm	Réserve de largeur 40 cm
Réserve en milieu de portée	0,72	0,68
Réserve au quart de la portée	0,87	0,82

Quelle que soit la taille de la réserve, deux nappes de treillis soudés sont rajoutées des deux côtés de la réserve dans le sens de la longueur. Voir figure 11.

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.

### 2.7 Dimensionnement – vérification par le calcul

#### 2.1.18. Principes

Le système LIGNADAL travaille en section « mixte », la partie bois reprenant 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 la norme NF EN 1995-1-1 (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 6,00 m de portée a permis de déterminer ce niveau de connexion de l'ordre de 90%. Pour des raisons de sécurité, le coefficient  $\gamma$  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 conformément aux normes NF EN 1995-1-1 (Eurocode 5), NF EN 1994-1-1 (Eurocode 4) et NF EN 1992-1-1 (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.

### 2.1.19. 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 de catégorie d'importance II en zones 1 et 2 et les bâtiments de catégorie d'importance III et IV en zone 1, le treillis soudé est de section PAF10 minimum. Dans les autres cas, 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.

#### 2.8 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 60 mm, 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.

#### 2.9 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).

#### 2.10 Références

### 2.1.20. Données Environnementales

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.

### 2.1.21. Autres références

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

Depuis cette date et jusqu'à juin 2020, il a été posé 34000m<sup>2</sup>.

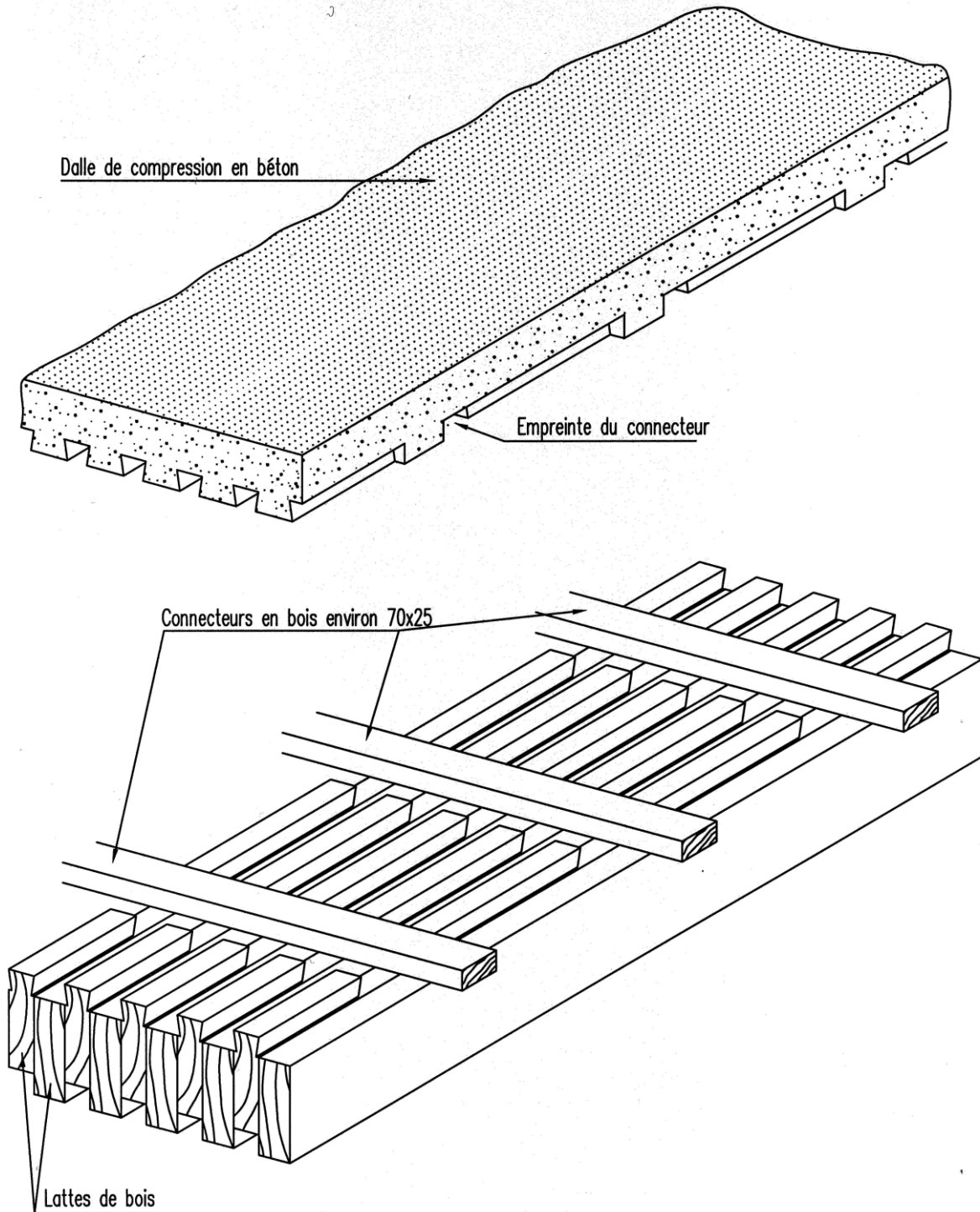
Exemples de réalisations :

- Bâtiment municipal – 21380 SAVIGNY LE SEC – 597 m<sup>2</sup> ;
- Groupe scolaire – 43120 MONISTROL SUR LOIRE – 1229 m<sup>2</sup> ;
- Centre aéré – 69300 CALUIRE ET CUIRE – 619 m<sup>2</sup> ;
- Médiathèque – 42440 UNIEUX – 204 m<sup>2</sup> ;
- EHPAD – 42660 MARLHES – 733 m<sup>2</sup> ;
- Groupe scolaire – 01140\_ St-Didier-sur-Chalaronne – 621 m<sup>2</sup> ;
- Centre Loisirs – 38660 LE TOUVET – 188 m<sup>2</sup> ;
- Bureaux – 01700 BEYNOST – 2308 m<sup>2</sup> ;
- Salle exposition – 43140 SAINT DIDIER EN VELAY – 246 m<sup>2</sup> ;
- Maison médicale – 74520 VALLEIRY – 1015 m<sup>2</sup>.
-

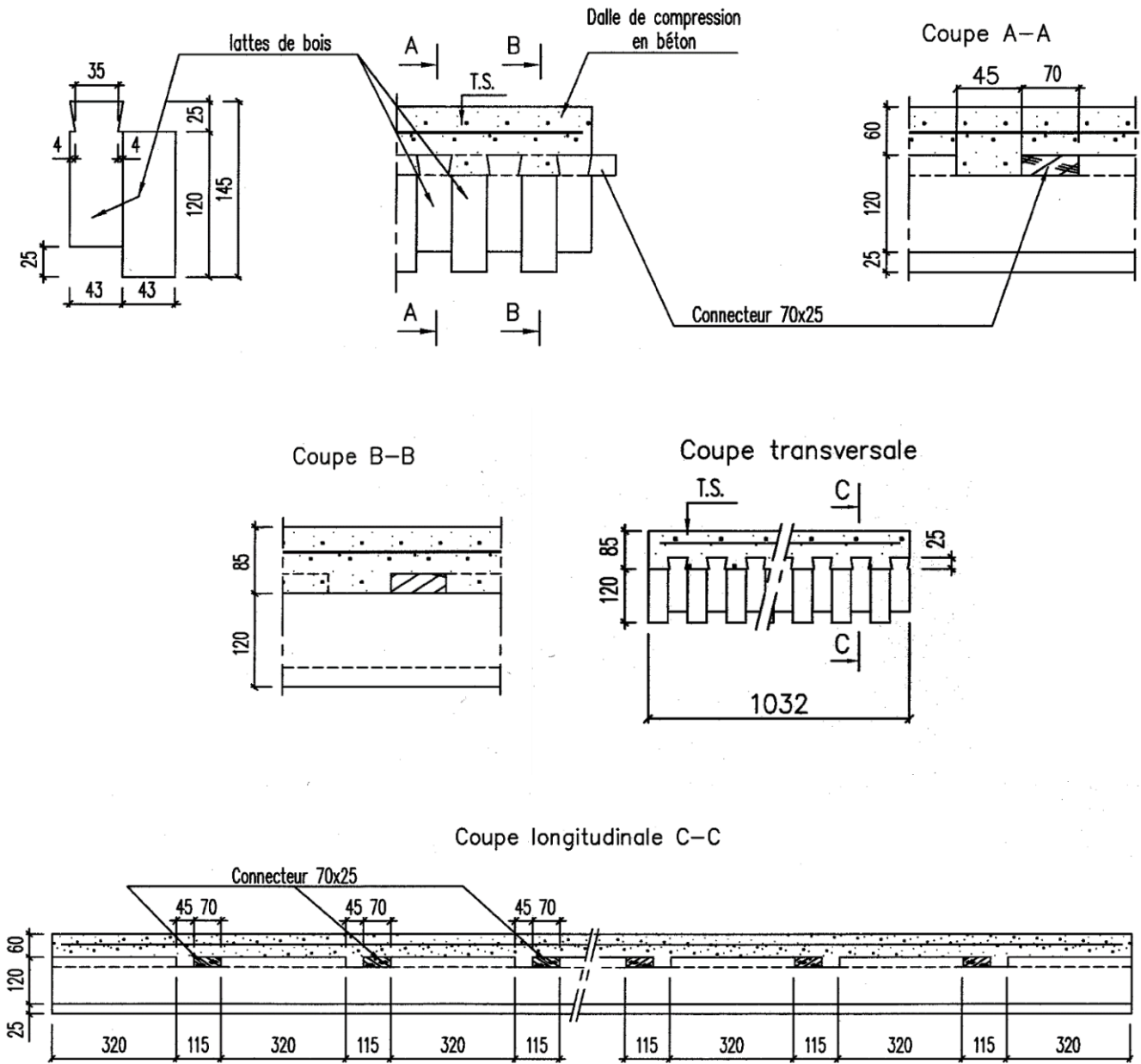
2.11 Tableaux et figures du Dossier Technique

Figure 2 - Eclaté du plancher mixte LIGNADAL

Principe du plancher

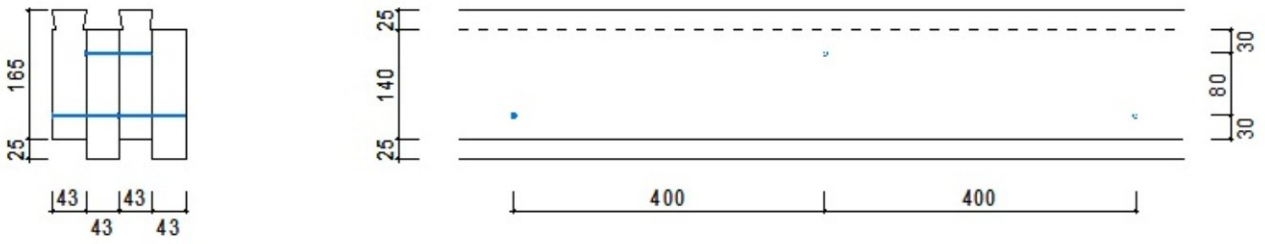


**Figure 3 - Description de la géométrie du plancher LIGNADAL, des queues d'aronde et des connecteurs transversaux**



**Figure 4 - Principe de clouage des planches**

Clouage des planches de hauteur inférieure ou égale à 165mm



Clouage des planches de hauteur supérieure à 165mm

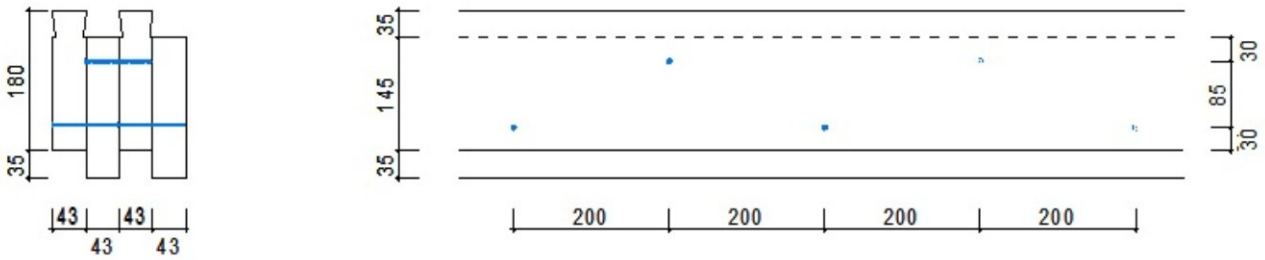


Figure 5 - Chaînage du plancher LIGNADAL sur mur ossature bois en zone sismique

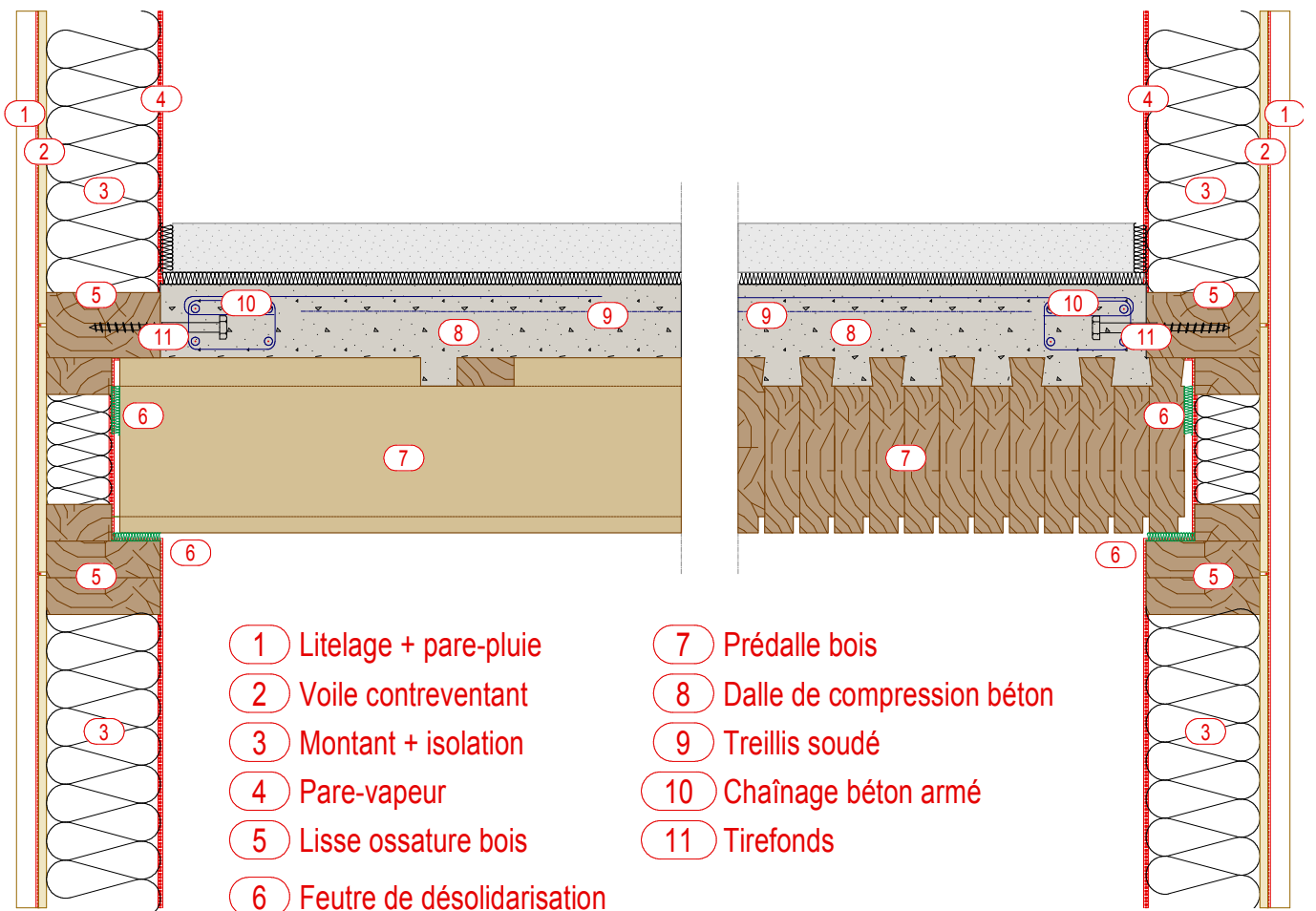
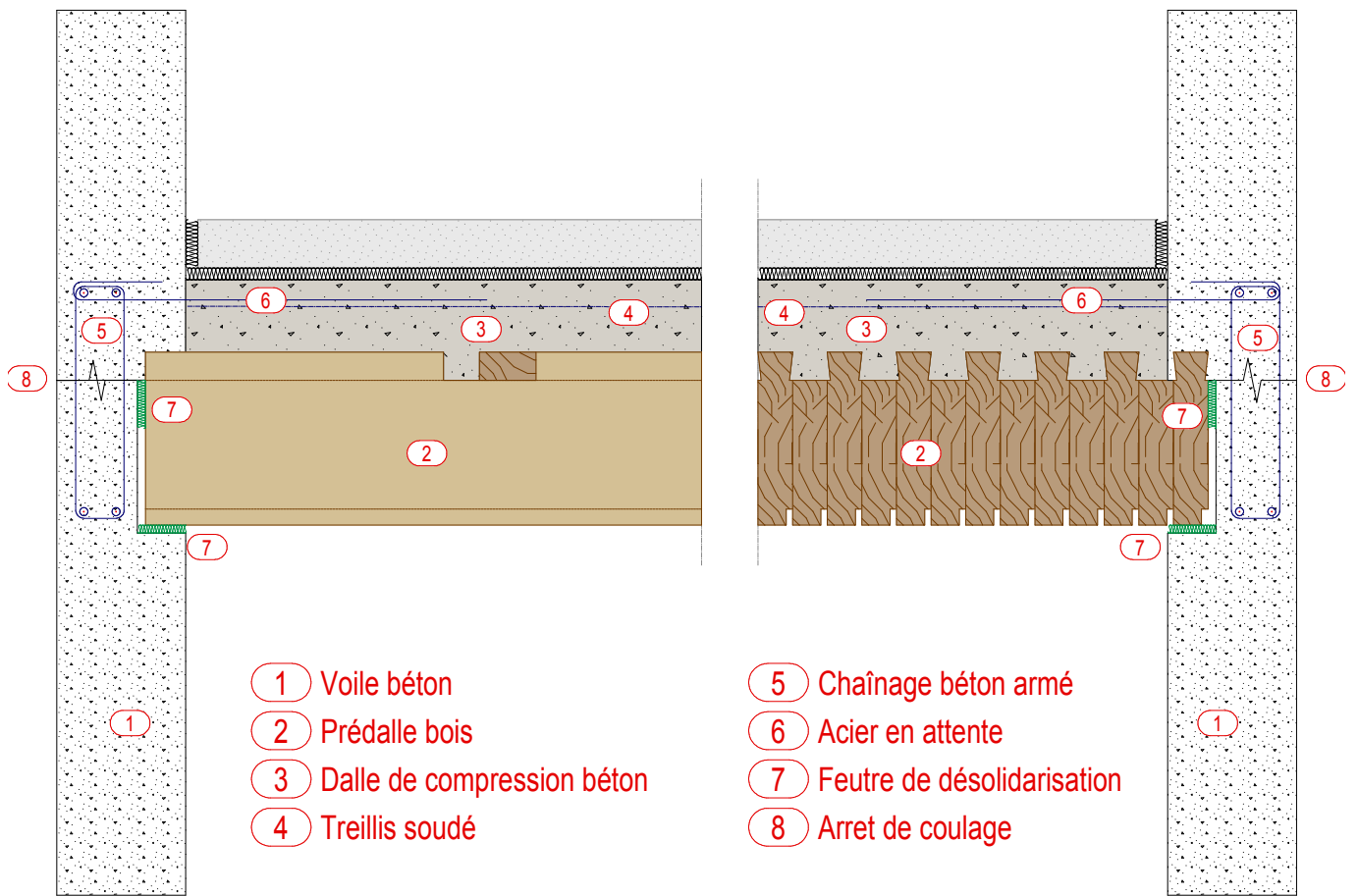
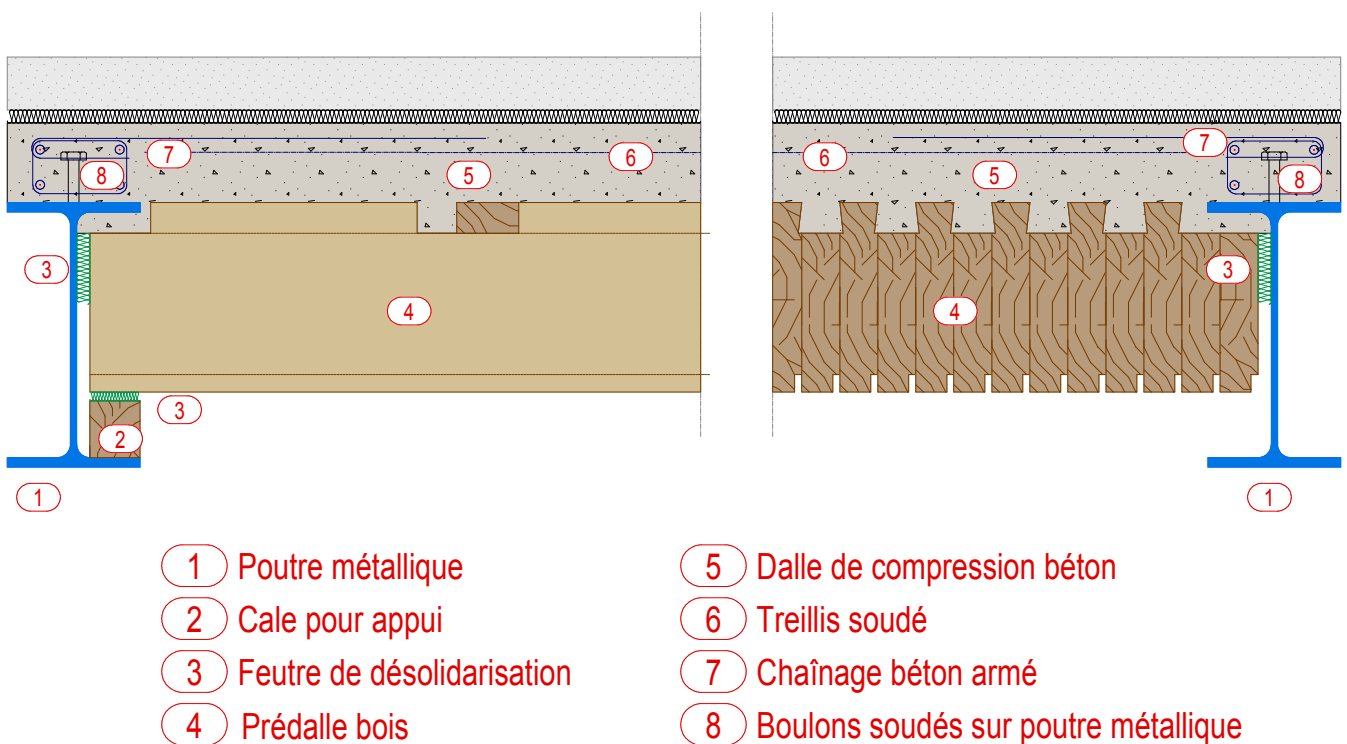


Figure 6 - Chaînage du plancher LIGNADAL sur mur béton en zone sismique



**Figure 7 – Chaînage du plancher LIGNADAL sur poutre métallique en zone sismique**



**Figure 8 – Chaînage du plancher LIGNADAL sur ossature béton en zone sismique**

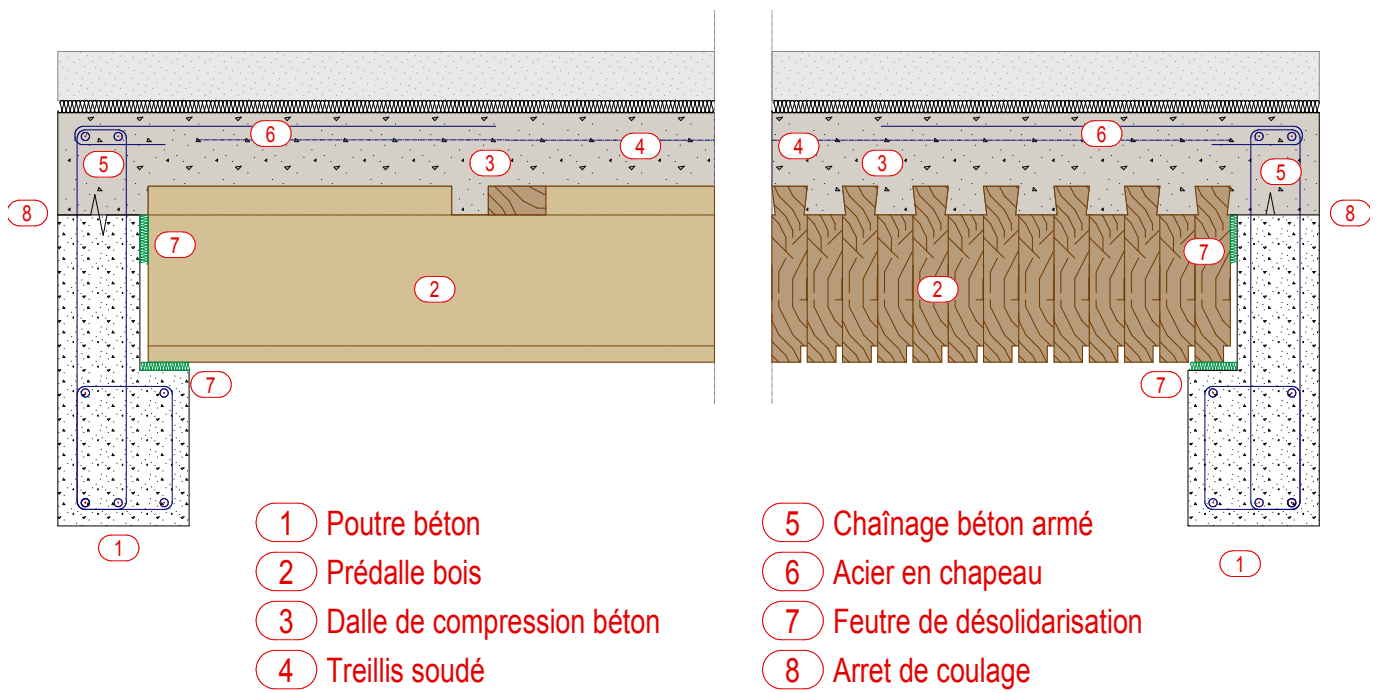


Figure 9 – Principe de renforcement du ferrillage autour d'une réservation

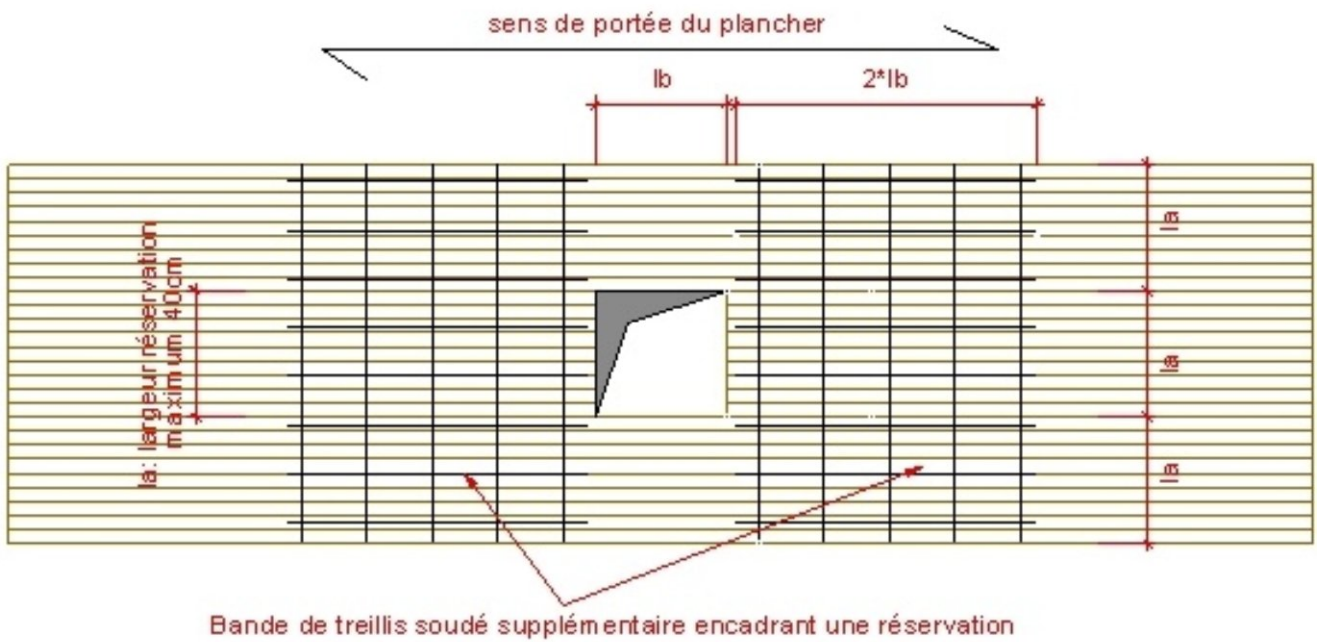


Figure 10 – Chaînage du plancher LIGNADAL sur ossature béton en zone sismique

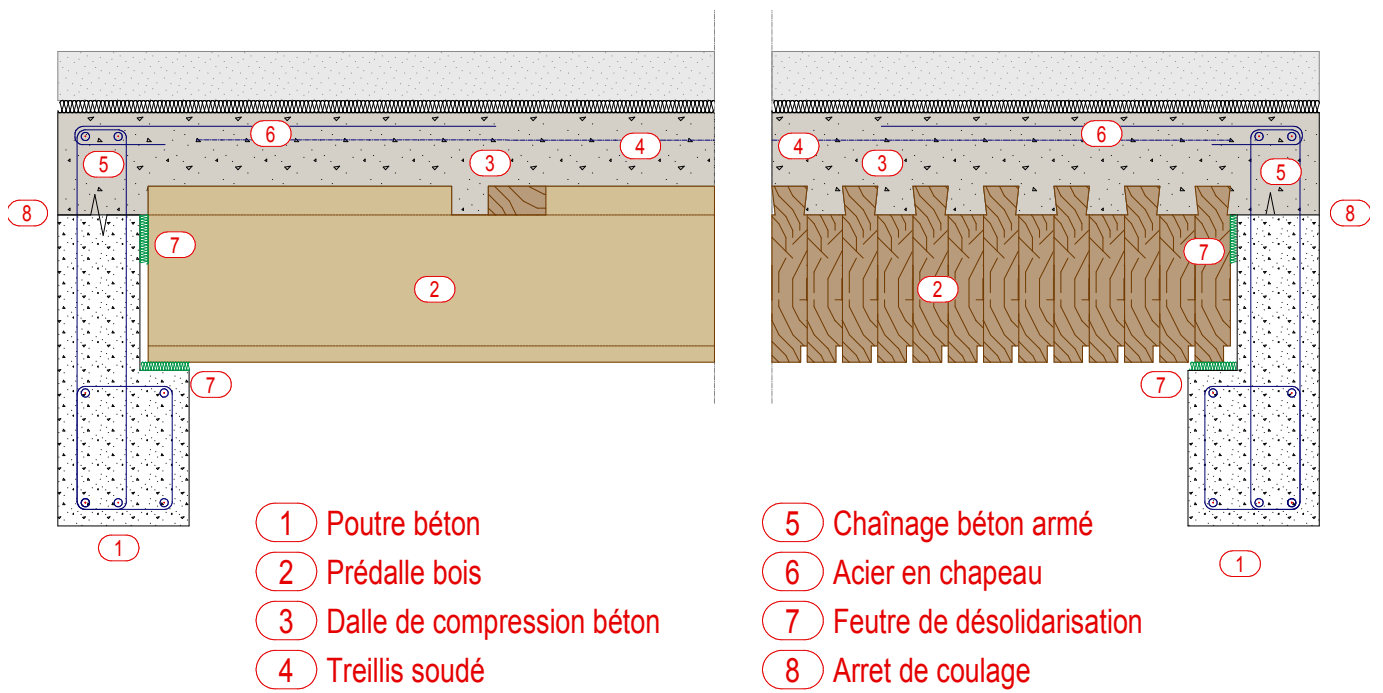


Figure 11 – Principe de renforcement du ferrailage autour d'une réservation

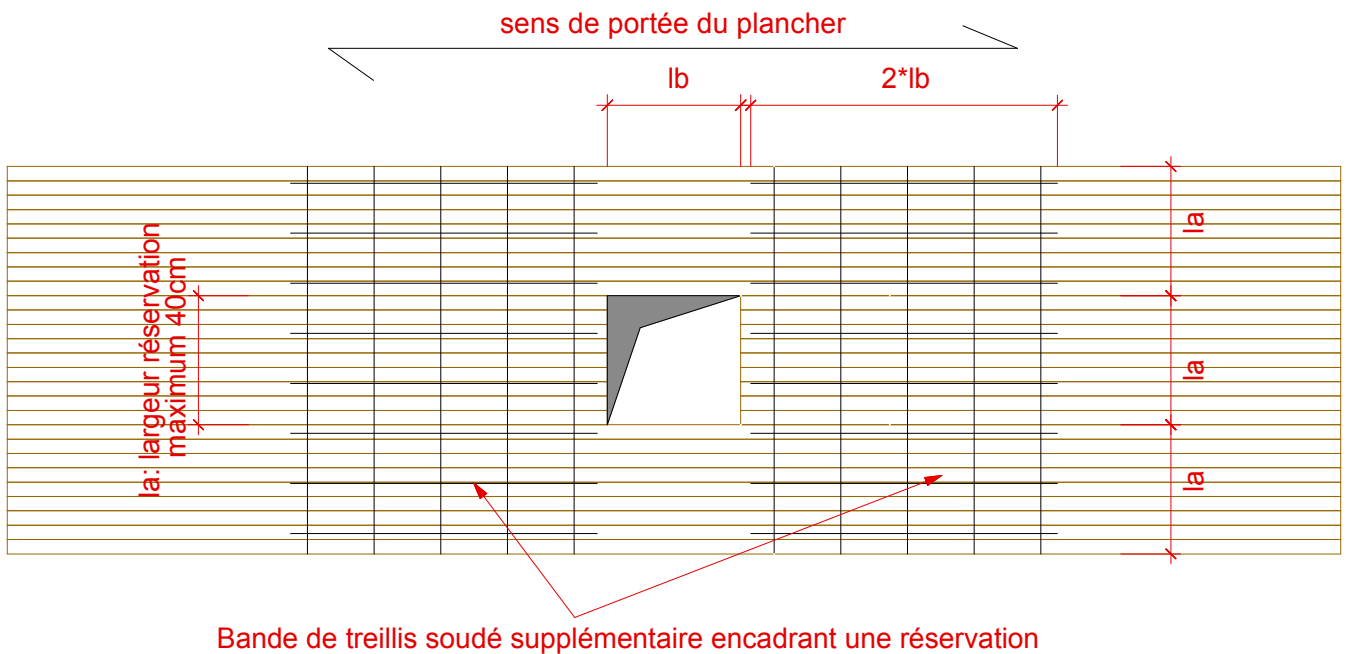
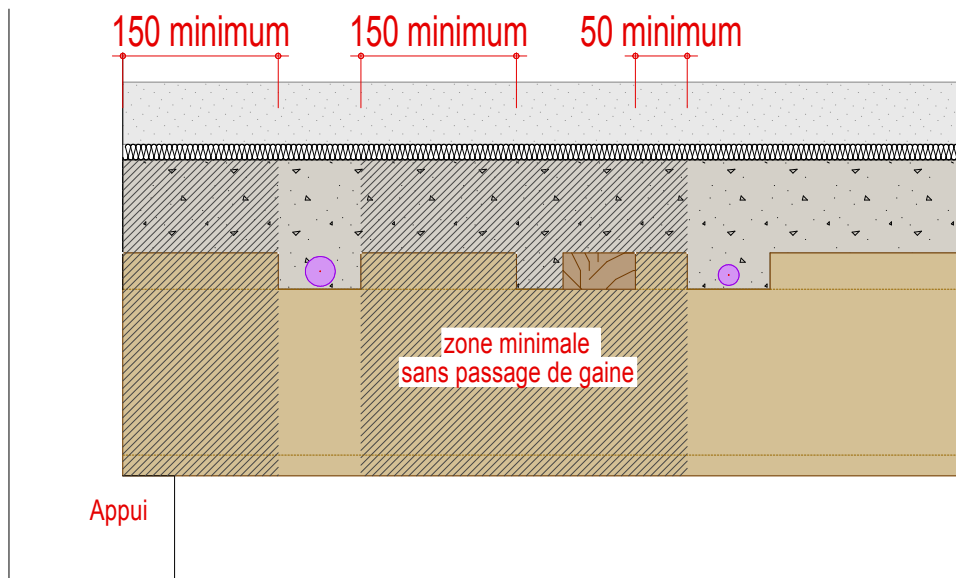


Figure 12 – Principe pour insertion de gaines dans plancher



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