

Sur le procédé

## SYLVABAT®

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

**Titulaire** : **Société MAINDRON STRUCTURES SAS**

Internet : <https://www.maindron.fr/>

### 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
V2	<p>Cette version, examinée par le GS n°3.1 le 25 octobre 2023, intègre les modifications suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extension du domaine d'emploi à la toiture accessible aux piétons et au séjour sous protection par dalles sur plots et en pente nulle ;</li> <li>• Intégration l'Avis de Laboratoire de résistance au feu AL-EFR-17-003081 d'EFFECTIS ;</li> <li>• Modification de la flèche active conformément à la FD P18-717 ;</li> <li>• Prise en compte du retrait du béton dans le dimensionnement conformément au TS 19103.</li> </ul>	Etienne PRAT	Roseline BERNARDIN-EZLAN

### Descripteur :

Le plancher mixte SYLVABAT® est réalisé avec des poutres en bois et une dalle en béton armé de 7 cm d'épaisseur minimum. La liaison entre les poutres en bois et la dalle en béton est assurée par des connecteurs métalliques tubulaires répartis, à intervalles variables, le long de l'interface bois-béton.

Pour une utilisation en support d'étanchéité, le plancher mixte SYLVABAT® est réalisé avec une dalle en béton armé de 8 cm d'épaisseur minimum.

Tous les types de sols et de plafonds du commerce peuvent être associés aux planchers sous réserve des dispositions adaptées.

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

Le procédé est utilisable comme élément porteur et support d'étanchéité, cf. § 2.6. Celui-ci, de type A au sens du NF DTU 20.12 peut être employé en terrasses de pente de 0 à 5 % en climat de plaine en France métropolitaine. Les destinations admises sont mentionnées au § 1.1.2.

Le procédé n'admet pas les complexes d'étanchéité (isolant ou revêtement d'étanchéité) fixés mécaniquement. Toutefois, des costières métalliques en relief fixées mécaniquement dans la dalle sont admises. La dalle devra avoir une épaisseur minimum de 80 mm pour leur fixation (cf. § 2.6.1 et 2.6.3).

## Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé .....	5
1.1.	Domaine d'emploi accepté.....	5
1.1.1.	Zone géographique.....	5
1.1.2.	Ouvrages visés .....	5
1.2.	Appréciation .....	6
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé .....	6
1.2.2.	Durabilité - Entretien .....	8
1.2.3.	Fabrication et contrôle .....	8
1.2.4.	Impacts environnementaux .....	8
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé .....	8
1.4.	Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé .....	9
1.4.1.	Cas Général.....	9
1.4.2.	Calcul des paramètres de la section .....	10
1.4.3.	Dimensionnement .....	11
1.5.	Poutre avec renformis.....	15
1.5.1.	Renformis sans armatures transversales .....	15
1.5.2.	Renformis avec armatures transversales .....	16
2.	Dossier Technique.....	17
2.1.	Données commerciales .....	17
2.2.	Description.....	17
2.2.1.	Principe.....	17
2.2.2.	Définition des matériaux .....	17
2.3.	Disposition de conception .....	19
2.3.1.	Cas général .....	19
2.3.2.	Trémies et Chevêtres.....	21
2.3.3.	Perçements et réservations dans les solives.....	21
2.3.4.	Porte à faux en prolongement d'une poutre isostatique sur deux appuis .....	24
2.3.5.	Conception des appuis de continuité .....	24
2.3.6.	Utilisation en zone sismique.....	24
2.4.	Disposition de mise en œuvre .....	25
2.4.1.	Etudes d'exécution .....	25
2.4.2.	Cas de la construction neuve .....	25
2.4.3.	Cas de la réhabilitation .....	26
2.4.4.	Dispositions et précautions à respecter .....	26
2.5.	Habillages .....	26
2.5.1.	Revêtements de sol intérieur .....	26
2.5.2.	Revêtements d'étanchéité .....	27
2.5.3.	Plafond .....	27
2.6.	Utilisation en élément porteur et support d'étanchéité .....	27
2.6.1.	Principe d'utilisation en toiture-terrasse .....	27
2.6.2.	Domaine d'emploi.....	28
2.6.3.	Relief et Relevé.....	28
2.6.4.	Matériaux.....	28
2.6.5.	Dimensionnement .....	29
2.6.6.	Gestion des eaux pluviales .....	30
2.6.7.	Joint de dilatation.....	30
2.6.8.	Mise en œuvre .....	30

2.7.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	30
2.7.1.	Fabrication des connecteurs SYLVABAT® .....	30
2.8.	Assistance technique .....	30
2.9.	Résultats expérimentaux.....	31
2.10.	Références .....	31
2.11.	Figures du dossier technique .....	32
2.11.1.	Liste des figures .....	32

# 1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre II « Dossier Technique » ci-après a été examiné les 13 mars 2023 et 25 octobre 2023 par les Groupes Spécialisés 5.2 et 3.1 qui ont conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

## 1.1. Domaine d'emploi accepté

### 1.1.1. Zone géographique

Cet avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine et DROM-COM.

### 1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé est utilisé pour la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 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 et zone 5 pour les bâtiments de catégories d'importance I et II au sens de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

La dalle de compression est une dalle pleine en béton armé. Elle peut être en béton est coulé en place sur coffrage récupérable ou non récupérable de type panneaux à base de bois, ou de type planchers à prédalles industrialisées en béton.

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 NF DTU 20.1, le NF DTU 31.2 et le §5.2.2 du DTU 51.3.

### Précisions du domaine d'emploi accepté dans le cas de l'utilisation en planchers

Le domaine d'emploi accepté par le Groupe Spécialisé n°3.1 concerne l'utilisation dans les bâtiments d'habitation, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve. Les utilisations sous charges pouvant entraîner des chocs ou des phénomènes de fatigue n'ont pas été étudiées dans le cadre du présent Avis.

Pour la réalisation des planchers, le procédé est limité à la reprise de charges à caractère statique ou quasi-statique (en comprenant par ces dernières les effets dynamiques courants dus au déplacement des personnes et des appareils légers qui ne produisent pas de vibrations) pour des catégories d'usage A, B, C1, C2, C3, D1 et E1 au sens de la norme NF EN 1991-1-1.

En neuf, les éléments porteurs verticaux compatibles avec les planchers SYLVABAT sont les suivants :

- Les murs en béton conformes au NF DTU 21, NF DTU 22.1, NF DTU 23.1 ;
- Les murs en maçonnerie de petits éléments conformes au NF DTU 20.1 ;
- Les structures bois conformes aux NF DTU 31.1, NF DTU 31.2;
- Toute structure à éléments porteurs en bois ou à base de bois calculée selon la NF EN 1995-1-1 y compris incluant des porteurs métalliques calculés selon l'Eurocode 3.

Le Dossier Technique ne traite pas de l'étanchéité des planchers intérieurs.

La continuité sur appui des dalles de compression est visée par le présent Avis Technique.

Le cas particulier des consoles intégrées en prolongeant d'une travée courante est visé par cet Avis dans les conditions décrites au §2.3.4 du Dossier Technique.

Le levage n'est pas visé par cet Avis Technique.

### Précisions du domaine d'emploi accepté dans le cas de l'utilisation en élément porteur de toitures-terrasses et toitures inclinées (cf. §2.6 du Dossier Technique)

L'utilisation du procédé est admise pour les toitures terrasses inaccessibles et accessibles en climat de plaine (catégorie H et I selon la norme NF EN 1991-1-1 mais uniquement pour des usages de catégorie A à D).

Le procédé est destiné à la réalisation des toitures isolées (toiture chaude) et toitures froides (ventilée non isolée uniquement en bâtiment ouvert) en travaux neufs ou en rénovation :

- Inaccessibles avec chemins de circulation éventuels, sans rétention temporaire d'eaux pluviales ;
- Inaccessibles à rétention temporaire des eaux pluviales, avec protection meuble ;
- Inaccessibles avec procédés d'étanchéité avec modules souples photovoltaïque bénéficiant d'un Avis Technique en cours de validité ;
- Inaccessibles avec procédés de végétalisation bénéficiant d'un Avis Technique en cours de validité ;
- Techniques ou à zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades (nacelles) ;
- Accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots selon les prescriptions spécifiques du paragraphe 2.6.4.4.

L'isolation en sous-face du plancher de toiture est exclue.

Le plancher est de type A au sens du DTU 20.12.

La pente de toiture est au minimum de 0% sur plan et au maximum de 5%.

Le procédé peut recevoir :

- Des revêtements d'étanchéités bicouches en bitume modifié (SEL exclus) adhérents, semi-indépendants par auto-adhésivité ou indépendants faisant l'objet d'un Document Technique d'Application en cours de validité visant l'emploi sur éléments porteurs en béton, mis en œuvre avec ou sans isolant selon les dispositions du DTA en cours de validité du revêtement d'étanchéité ;
- Un procédé d'isolation sous revêtement apparent ou les procédés d'isolation mixte bénéficiant d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application en cours de validité visant l'emploi sur éléments porteurs en béton.
- Les procédés d'isolation sous protection conforme aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de Juillet 2021 et bénéficiant d'un certificat ACERMI établi selon ces Règles ;
- Les procédés d'isolation inversée conforme aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de Juin 2021 et bénéficiant d'un certificat ACERMI établi selon ces Règles.

Pour une utilisation en support d'étanchéité, le plancher mixte SYLVABAT® est réalisé avec une dalle en béton armé de 8 cm d'épaisseur minimum.

*Emploi en climat de montagne*

Ce procédé n'est pas revendu pour une utilisation en climat de montagne.

*Emploi dans les régions ultrapériphériques*

Ce procédé n'est pas revendu pour des toitures situées dans les Départements et Régions d'Outre-Mer (DROM).

---

## 1.2. Appréciation

### 1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

#### 1.2.1.1. Stabilité

La stabilité du plancher mixte bois-béton SYLVABAT® est normalement assurée si sa conception, sa fabrication, sa mise en œuvre et son utilisation sont conformes aux conditions définies dans la description (§1.1 du Dossier Technique).

#### 1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

##### 1.2.1.2.1. Résistance au feu

*Connexions mobilisées*

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 SYLVABAT®, sont à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu dans les conditions précisées dans l'avis de laboratoire de résistance au feu AL n°EFR-17-003081 – Révision 1 datant de 2018 réalisé par EFECTIS.

Seules les poutres de largeur 120 mm, de classe GL24h minimum conformes à la norme NF EN 14080 ou de classe C24 minimum conformes à la norme NF EN 14081 peuvent être utilisées en situation d'incendie.

Les connecteurs 50 mm peuvent satisfaire une stabilité au feu REI90 et les connecteurs 30 mm une exigence au feu REI60.

Dans tous les cas, la portée des poutres du plancher est limitée à 8,00 m maximum.

L'épaisseur minimale de la dalle béton à prévoir pour respecter le critère coupe-feu du plancher (EI) est de :

- 80 mm pour EI30 jusqu'à EI60 ;
- 100 mm pour EI90.

Les planchers à prédalles ne sont pas visés par l'appréciation de laboratoire.

*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.

##### 1.2.1.2.2. Réaction au feu

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

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

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

### 1.2.1.3. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Pour le procédé proprement dit, elle est normalement assurée si les conditions concernant la phase de montage résultant des prescriptions du Dossier Technique sont respectées.

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

- Que le fournisseur peut garantir une résistance en flexion statique évaluée selon les prescriptions de la norme NF EN 12871 (29 février 2012) ;
- Que le fournisseur des plaques ou panneaux peut garantir une résistance de ceux-ci à une charge concentrée caractéristique  $Q_k$  de 150 daN appliquée selon l'essai de poinçonnement flexion conformes aux normes NF EN 12871 et NF EN 1195 et pondérée aux états limites ultimes selon l'Annexe A de la norme NF EN 12871 §B.2.3 (vérification selon Annexe 1) ;
- Que les portées délimitées par les appuis n'excèdent pas les valeurs limites résultant des vérifications présentées dans le Dossier technique de cet Avis ;
- Que les plaques sont fixées sur leurs appuis au fur et à mesure de leur pose.

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

### 1.2.1.4. Pose en zone sismiques

Le procédé SYLVABAT® peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme sous réserve du respect des conditions précisées au Dossier Technique (§2.3.6).

Le procédé de toiture-terrasse n'apporte pas de limitation en zone sismique.

### 1.2.1.5. Isolation thermique

Ce plancher est par lui-même peu isolant et peut nécessiter des compléments en fonction du type de bâtiment et de son emplacement dans le bâtiment. Le calcul de la résistance thermique utile des planchers doit être mené conformément aux « Règles Th-Bat ».

### 1.2.1.6. Isolation acoustique

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

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

Cette fréquence peut être calculée par la formule :

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

- $f_0$  étant la fréquence de résonance en Hz ;
- $m_1$  étant la masse, en kilogramme, d'un mètre carré de plancher brut ;
- $m_2$  étant la masse, en kilogramme, d'un mètre carré de plafond rapporté.

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

Ce coefficient  $K$  doit être rapporté à 1 m<sup>2</sup> de plancher.

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

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

### 1.2.1.7. Données environnementales

Le procédé SYLVABAT® 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.

### 1.2.1.8. 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.

### 1.2.2. 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 (juillet 1994) ainsi que NF EN 335 (Mai 2013).

La durabilité du plancher est normalement assurée si la fabrication est conforme aux dispositions de l'article 2.3 ci-après et si les vis d'assemblage des planches sont traitées contre la corrosion.

Tous les percements, tels que des réservations pour passage de réseaux par exemple, dans la dalle béton ou les solives bois, réalisés après le chantier, et quelles que soient leurs dimensions, ne pourront l'être qu'après l'obtention de l'accord du bureau d'études de structure et/ou la Société MAINDRON.

La durabilité et l'entretien des systèmes d'étanchéité sont définis dans leurs Documents Techniques d'Application en cours de validité.

### 1.2.3. Fabrication et contrôle

La fabrication des connecteurs est assurée par des entreprises indépendantes selon le cahier des charges du titulaire du présent Avis Technique. Le suivi de la production est assuré dans le cadre de procédures internes et externes d'autocontrôles, cf. §2.7.

### 1.2.4. Impacts environnementaux

Le traitement en fin de vie peut être assimilé à celui de produits traditionnels.

---

## 1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

---

Le plancher SYLVABAT® appartient à la famille des planchers mixte bois-béton, dont le principe réside dans la réalisation d'une connexion entre une dalle en béton armé et des poutres en bois, l'objet de la connexion étant de bloquer le glissement longitudinal entre les deux matériaux pendant le fléchissement sous les charges. La particularité du plancher mixte SYLVABAT® tient à la nature des connecteurs, des tubes en acier mis en œuvre dans des percements circulaires du diamètre des connecteurs, pratiqués sur la face supérieure des poutres, et enfoncés de 4 cm de profondeur.

Les performances de ces connecteurs ont été déterminées par des essais. L'attention est attirée sur la spécificité de la méthode de dimensionnement proposée en annexe qui doit être suivie par le bureau d'étude de l'opération.

Les prescriptions relatives à l'utilisation du plancher en zone sismique tiennent compte des études et portent d'une part sur le comportement individuel des connecteurs soumis à des actions cycliques alternées, d'autre part sur des planchers connectés également soumis à des actions cycliques alternées. Les prescriptions techniques rédigées dans l'Avis pour l'utilisation en zone sismique résultent des résultats de ces travaux.

A ce sujet, le Groupe Spécialisé tient à attirer l'attention sur le fait que les prescriptions énoncées en §2.3.6, concernant l'utilisation des planchers SYLVABAT® en zone sismique, ne préjuge pas du comportement global du bâtiment vis-à-vis du séisme (contreventement, notamment), et pour lequel des justifications particulières sont à entreprendre par ailleurs par le Maître d'Œuvre ou le Bureau d'Etudes.

Enfin, pour l'utilisation dans les Départements et Collectivités d'Outre-mer, le Groupe Spécialisé tient à souligner le fait que les conditions locales particulières d'hygrométrie et d'attaques biologiques imposent un choix particulièrement attentif dans la qualité des bois utilisés et dans leur protection vis à vis des agents biologiques.

Le document précise au §1.4.3.4 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).

Les lignes de vie ne sont pas ancrées dans la dalle béton, ni fixées aux connecteurs SYLVABAT. La fixation des lignes de vie devra se faire sur la charpente.

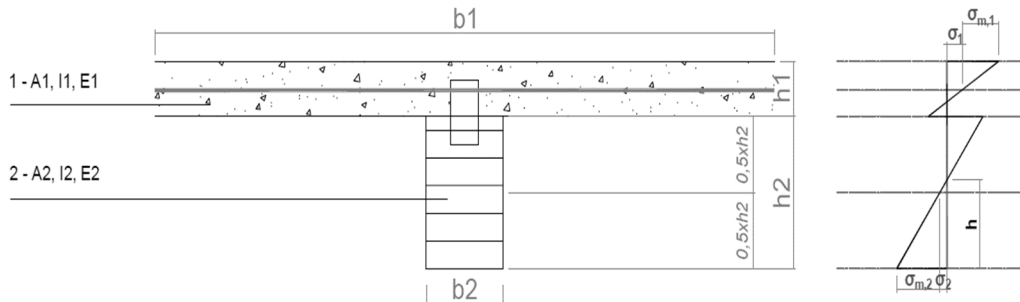
La diminution de la résistance en cisaillement des connecteurs de diamètre 50mm est due à la résistance en traction du connecteur côté bois.



## 1.4. Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé

### 1.4.1. Cas Général

#### 1.4.1.1. Notations



Pour les calculs les notations retenues sont celles de l'Annexe B de la norme NF EN 1995-1-1 (méthode Gamma), ci-dessous :  
Avec les indices  $i$  suivants :

Béton :  $i=1$

Bois :  $i=2$

#### 1.4.1.1.1. Béton

$b_1 = b_{eff}$  : 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)

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

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

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

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

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

#### 1.4.1.1.2. Poutre en bois

$l_t$  : portée (mm)

$b_2$  : largeur de la section de bois considérée (mm)

$h_2$  : hauteur de la section de bois considérée (mm)

$A_2$  : Aire de la section de bois considérée (mm<sup>2</sup>)

$I_2$  : Moment d'inertie de la section de bois considérée (mm<sup>4</sup>)

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

$E_2$  : Module d'élasticité moyen du bois sous chargement court terme (MPa)

$E_{2,inf}$  : Module d'élasticité du bois sous chargement long terme (MPa)

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

$\gamma_{m,2}$  : Coefficient partiel du matériau bois selon EN 1995-1-1

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

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

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

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

Résistance de calcul à la flexion :  $f_{m,d} = K_{mod} \times k_h \times f_{m,k} / \gamma_{m,2}$

Résistance de calcul à la traction :  $f_{t,0,d} = K_{mod} \times f_{t,0,k} / \gamma_{m,2}$

Résistance de calcul au cisaillement :  $f_{v,d} = K_{mod} \times f_{v,k} / \gamma_{m,2} \times k_{cr}$

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

#### 1.4.1.1.3. Connecteurs

Espacement en cas de distribution constante :  $s$

En cas de distribution variable :

- $s_1$  = espacements entre chaque connecteur sur les zones d'appuis, soit sur le 1/4 gauche et le 1/4 droit de la longueur totale de la poutre.

- $s_2 =$  (qui est aussi =  $2 \times s_1$ ) espacement entre chaque connecteur sur la zone centrale qui correspond à la  $\frac{1}{2}$  longueur totale de la poutre.
- $s_{eq} =$  espacement constant équivalent entre chaque connecteur  $0,75 \times s_1 + 0,25 \times s_2$
- $K_{ser}$  : Rigidité de connexion aux ELS : (selon §2.313 et §2.315)
- $K_u$  : Rigidité de connexion aux ELU :  $K_u = 2/3 \times K_{ser}$

#### 1.4.1.1.3.1. Résistance de calcul côté connexion bois

$R_d =$  selon les valeurs d'essais données dans le §2.314 du Dossier Technique.

### 1.4.2. Calcul des paramètres de la section

#### 1.4.2.1. Rigidité efficace de la section

Selon Eurocode 5 - Appendice B2 :

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

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

En utilisant les valeurs moyennes de E et où :

$$A_i = b_i h_i$$

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

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_i = [1 + \pi^2 E_i A_i s_i / (K_u l t^2)]^{-1} \text{ pour } i = 1 \text{ et } i = 3$$

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

$i=1$  pour le béton

$i=2$  pour le bois

Avec  $l$  portée considérée de la poutre

Distances à l'axe neutre de la poutre mixte

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

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

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

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

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

#### 1.4.2.2. Exemple de taux de collaboration entre dalle et solives à l'ELS sous chargement permanent

Les solives à entraxe 80 cm, sont en résineux de classe C24. Les connecteurs sont de type Connecteur Ø50 mm avec un platelage de 20 mm d'épaisseur.

$$\gamma_1 = \left[ 1 + \frac{\pi^2 \times E_1 \times A_1 \times s}{K_{ser} \times l t^2} \right]^{-1} = 0,191$$

Avec :

$E_1$  (module d'élasticité du béton) = 31 000 MPa

$A_1$  (section de dalle) = 800 mm x 80 mm = 64000 mm<sup>2</sup>

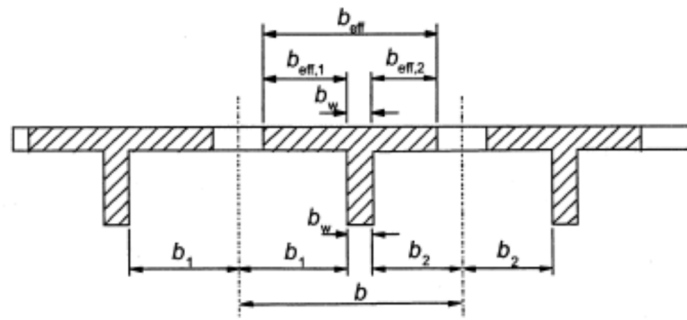
$s$  (distance constante entre connecteurs) = 300 mm

$K_{ser}$  rigidité aux ELS : 55,33 kN/mm

$l$  (longueur de solives) = 5,0 mètres

#### 1.4.2.3. Largeur efficace

La largeur efficace de la section de béton considérée pour la table de compression est définie selon le §5.3.2.1 de la norme NF EN 1992-1-1 tel que :



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

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

Avec

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

Et

$$b_{eff,i} \leq b_i \dots (5.7b)$$

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

### 1.4.3. Dimensionnement

#### 1.4.3.1. Principe de vérification

Les vérifications sont à mener à l'ELS et à l'ELU avec pour la section mixte les caractéristiques de rigidité instantanée  $(EI)_{eff,0}$  et de rigidité à long terme  $(EI)_{eff,\infty}$ , à calculer pour ces 2 types de vérification avec les termes suivants :

- ELS court terme :  $E_1 ; E_2 ; K_{ser}$
- ELS long terme :  $E_{1,\infty} ; E_{2,\infty} ; K_{ser,\infty}$
- ELU court terme :  $E_1 ; E_2 ; K_u$
- ELU long terme :  $E_{1,\infty} ; E_{2,\infty} ; K_{u,\infty}$

Avec :

$$E_{1,\infty} = E_1 / (1 + \psi_2 \cdot \phi) \quad \text{et} \quad E_{2,\infty} = E_2 / (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$$

$$K_{u,\infty} = K_u / (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \quad \text{et} \quad K_{ser,\infty} = K_{ser} / (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$$

#### 1.4.3.2. Vérification des contraintes

Les vérifications en résistances à l'ELU sont effectuées en superposant l'état de contrainte de la phase provisoire et celui de la phase finale. Les vérifications tiennent compte de l'effet du fluage.

- Contrainte sous l'effort axial :

$$\sigma_i = \frac{\gamma_i \times E_i \times a_i \times M_u}{(EI)_{ef}}$$

- Contrainte de flexion :

$$\sigma_{m,i} = \frac{0,5 \times E_i \times h_i \times M_u}{(EI)_{ef}}$$

Pour la poutre bois :

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

Pour la dalle béton :

$$\sigma_{c,d} \leq f_{c,d}$$

- Avec :  $\sigma_{c,d} = \sigma_{n,d} + \sigma_{m,d}$  (contrainte de compression maxi)

- $\sigma_{1,max} = \sigma_{n,1} + \sigma_{m,1}$  (compression max au sommet de la dalle)
- $\sigma_{1,min} = \sigma_{n,1} - \sigma_{m,1}$  (traction max dans la dalle collaborante -> absorbée par l'armature)

#### 1.4.3.3. Justification à l'effort tranchant

Solives bois

On vérifiera que :

$$\frac{\tau_{2,max}}{f_{v,d}}$$

Avec :

$f_{v,d}$  : Résistance de dimensionnement en cisaillement du bois

$$\tau_{2,max} = \frac{E_2 \times S_2 \times T_u}{(EI)_{ef} \times b_t} = \frac{E_2 \times (h_t/2 + \gamma_2 \times a_2)^2 \times T_u}{2 \times (EI)_{ef}}$$

$$f_{v,d} = k \frac{f_{v,k}}{\gamma_{m,2crmod}}$$

Avec  $T_u$  : effort tranchant maximum de dimensionnement

Dalle béton

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

Vérification de la compression des bielles de béton

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

Selon NF EN 1992-1-1 (§6.2.2) on a :

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

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

Selon les dispositions de la NF EN 1994-1-1 (§6.6.2.1, Ref NF EN 1992-1-1 §6.2.4).

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

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

$h_1$  est l'épaisseur de la membrure à la jonction

$\Delta x$  est la longueur considérée

$\Delta F_d$  est la variation de l'effort normal dans la membrure sur la longueur  $\Delta x$

$\Delta x = l/4$  (EN 1992-1-1 6.2.4.3)

$\Delta F_d = nb$  connecteurs en  $\Delta x$  pour force par connecteur /2

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

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

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

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

$1,0 \leq \cot \theta_f \leq 2,0$  pour les membrures comprimées ( $45^\circ \geq \theta_f \geq 26,5^\circ$ )

$1,0 \leq \cot \theta_f \leq 1,25$  pour les membrures tendues ( $45^\circ \geq \theta_f \geq 38,6^\circ$ )

$\theta_f = 45^\circ$

Vérifications armature transversale (§6.21)

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

Armature mini:

Selon NF EN 1994-1-1 (§6.6.3) renvoi à la NF EN 1992-1-1 (§9.2.2 (5))

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

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

Où :

$\rho_w$  est le taux d'armatures d'effort tranchant

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

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

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

$\alpha$  est l'angle entre les armatures d'effort tranchant et l'axe longitudinal

$$\rho(0,08\sqrt{f_{ck}})_{\gamma_{k,w,min}}$$

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

Vérification connecteur

Il convient de vérifier que :

$$\frac{F_{2,max}}{R_{con,vd}} \leq 1$$

Avec :

$R_{con,vd}$  (en N) : la résistance en cisaillement de la connexion calculée selon le §1.4.1.1.3 de cette annexe.

$F_{2,max}$  (en N) : l'effort de cisaillement maximum sur la connexion

$$F_{2,max} = \frac{\gamma_2 \times E_2 \times A_2 \times a_2 \times s \times T_u}{(EI)_{ef}}$$

$T_u$ : effort tranchant maximum de dimensionnement

Conformément à la norme TS 19103 « conception et calcul des structures en bois : Calcul des structures mixtes bois-béton – Règles communes et règles pour les bâtiments », l'effort tranchant devra être limité à 10 fois la résistance en traction du connecteur bois-béton déterminé par essais :

<b>Connecteurs</b>		<b>Ø30 mm</b>	<b>Ø50 mm</b>
Résistance en traction caractéristique déterminé par essais (kN) côté bois		2,35	2,35
Effort tranchant caractéristique maximum (kN)	Avec platelage	16,71	23,5
	Sans platelage	23,17	

#### 1.4.3.4. Vérification des déformations (ELS)

##### Flèche active

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.

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.

Pour une utilisation en toiture, la flèche totale est limitée à  $L/350$ . La flèche est calculée en considérant les caractéristiques mécaniques finales du procédé SYLVABAT.

##### Rigidité sous chargement permanent

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

La flèche finale  $W_{net, fin}$  est limitée à :

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

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

##### Flèche instantanée $W_{inst(Q)}$

On considère la combinaison des charges d'exploitation à court terme pour vérifier :

$$W_{inst(Q)} < L / 300$$

#### 1.4.3.5. Dimensionnements aux influences long terme (retrait béton, fluage)

Ce dimensionnement est réalisé en suivant la norme TS 19103 « conception et calcul des structures en bois : Calcul des structures mixtes bois-béton – Règles communes et règles pour les bâtiments ».

Les effets inhérents au comportement de longue durée sont pris en compte dans le dimensionnement du procédé selon les normes NF EN 1995 et NF EN 1992 : Retrait du bois et fluage sont ainsi calculée avec des valeurs réduites du module de Young ainsi que des facteurs spécifiques comme  $K_{def}$ .

Les efforts induits par le retrait du béton sont pris en compte dans le calcul de la déformation du plancher. Pour ce faire, on prend en compte une charge verticale fictive qui représente les déformations inélastiques sur la structure :

$$\rho_{sls} = C_{p,sls} \times \Delta\varepsilon$$

Avec :

$$C_{p,sls} = \pi^2 \frac{E_1 A_1 E_2 A_2 z \gamma_1}{(E_1 A_1 + E_2 A_2) L^2}$$

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$$

Où :

$\rho_{sls}$  est une charge verticale fictive qui représente les effets des déformations inélastiques sur la structure ;

$C_{p,sls}$  est un coefficient ;

$\Delta\varepsilon$  est la différence de déformation inélastique entre l'élément 1 et l'élément 2 ;

$E_1$  est le module d'élasticité de l'élément 1 (béton) ;

$A_1$  est l'aire de l'élément 1 (béton) ;

$E_2$  est le module d'élasticité de l'élément 2 (bois) ;

$A_2$  est l'aire de l'élément 2 (bois) ;

- $Z$  est la distance entre les centres de gravité de la dalle de béton et de la poutre en bois ;  
 $\gamma_1$  est un coefficient mixte de l'élément en béton selon la Formule B.5 donnée dans l'Annexe B de l'EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 ;  
 $L$  est la portée de la poutre ;  
 $\epsilon_1$  est la déformation inélastique de l'élément bois provoquée par la température, le retrait ou le gonflement résultant de la variation de l'humidité ;  
 $\epsilon_2$  est la déformation inélastique de l'élément béton provoquée par la température ou le retrait.

Il convient de prendre en compte l'influence des déformations inélastiques sur la rigidité efficace en flexion  $(EI)_{ef,sls}$  par le coefficient  $C_{j,sls}$ . La rigidité efficace en flexion pour les charges externes et les déformations inélastiques peut être déterminée à l'aide de la Formule :

$$(EI)_{ef,sls} = C_{j,sls} \times (EI)_{ef,EC5-annexe B}$$

Avec :

$$C_{j,sls} = \frac{\rho_{sls} + q_d}{\frac{E_1 A_1 + E_2 A_2}{\gamma_1 E_1 A_1 + E_2 A_2} \rho_{sls} + q_d}$$

- $(EI)_{ef,sls}$  est une rigidité efficace en flexion selon l'Annexe B de l'EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 modifiée, qui tient compte de l'interaction entre la charge verticale et les déformations inélastiques ;  
 $(EI)_{ef,EC5-Annexe B}$  est la rigidité efficace en flexion selon l'Annexe B de l'EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 ;  
 $C_{j,sls}$  est un coefficient relatif à l'interaction entre la charge verticale  $q_d$  et les déformations inélastiques en termes de glissement dans l'assemblage ;  
 $\rho_{sls}$  est une charge verticale fictive qui représente les effets des déformations inélastiques sur la structure ;  
 $q_d$  est la valeur de calcul des charges externes ;  
 $E_1$  est le module d'élasticité de l'élément 1 (béton) ;  
 $A_1$  est l'aire de l'élément 1 (béton) ;  
 $E_2$  est le module d'élasticité de l'élément 2 (bois) ;  
 $A_2$  est l'aire de l'élément 2 (bois) ;  
 $\gamma_1$  est le coefficient mixte de l'élément en béton selon la Formule B.5 donnée dans l'Annexe B de l'EN 1995-1-1:2004 + A1:2008.

Et :

$$0 < C_{j,sls} \begin{cases} \leq 1.1 \\ \geq 0.9 \end{cases} \frac{q_d + 0.8\rho_{sls}}{q_d + 0.8\rho_{sls} \frac{E_1 A_1 + E_2 A_2}{\gamma_1 E_1 A_1 + E_2 A_2}}$$

Les valeurs des charges sont à amplifier avec les coefficients d'amplification correspondants.

La courbure est admise comme étant la même dans les sections des deux éléments, et le moment de flexion peut être calculé à l'aide de la Formule :

$$M_i = \frac{(EI)_i}{(EI)_{ef,sls}} \times M(0,8\rho_{sls} + q_d)$$

Où :

- $M_i$  est le moment de flexion de l'élément  $i$  ;  
 $(EI)_i$  est la rigidité en flexion de l'élément  $i$ , à savoir l'élément 1 ou 2 ;  
 $(EI)_{ef,sls}$  est la rigidité efficace en flexion selon l'Annexe B de l'EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 modifiée, qui tient compte de l'interaction entre la charge verticale et les déformations inélastiques ;  
 $M(q_d + 0,8\rho_{sls})$  est le moment de flexion résultant, dû aux charges externes et à une partie (80 %) de la charge fictive qui équivaut aux déformations inélastiques ;  
 $M(q_d)$  est la valeur de calcul des charges externes ;  
 $\rho_{sls}$  est une charge fictive qui représente les déformations inélastiques.

Les efforts normaux sont déterminés à l'aide de la Formule ci-dessous, qui atteint l'équilibre :

$$N_i = \frac{M(q_p) - \sum_{i=1}^2 M_i}{z}$$

- $N_i$  est l'effort axial dans l'élément  $i$  ;  
 $M(q_d)$  est le moment de flexion résultant, dû uniquement à une charge externe ;  
 $M_i$  est le moment de flexion de l'élément  $i$  (à savoir les éléments béton et bois) ;  
 $Z$  est la distance entre les centres de gravité de la dalle de béton et de la poutre en bois.

Il convient de déterminer l'effort de cisaillement dû au retrait de la dalle de béton ( $\Delta\epsilon > 0$  selon la Formule précédente) à l'aide de la Formule :

$$F = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 a_{1 \leftrightarrow c} s_{ef}}{(EI)_{ef,sls}} V_{max} \leq F_{v,Rd}$$

Avec :

$$V_{max} = -\pi E_2 A_2 \frac{E_1 I_1 + E_2 I_2}{(\gamma_1 E_1 A_1 + E_2 A_2) L a_{1 \leftrightarrow c}} \Delta\epsilon + V(q_d)$$

- $F_{v,Ed}$  est l'effort sur l'assemblage ;

$\gamma_1$	est le coefficient mixte de l'élément en béton selon la Formule B.5 donnée dans l'Annexe B de l'EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 ;
$E_1$	est le module d'élasticité de l'élément 1 (par exemple, en béton) ;
$A_1$	est l'aire de l'élément 1 (par exemple, en béton) ;
$a_{1 \rightarrow c}$	est la distance entre le centre de gravité de l'élément 1 et le centre de gravité de la section mixte efficace selon la Formule B.6 donnée dans l'Annexe B de l'EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 ;
$S_{ef}$	est la distance efficace entre les assemblages le long de l'axe de la poutre ;
$(EI)_{ef,sls}$	est la rigidité efficace en flexion selon la Formule B.6 ;
$V_{max}$	est l'effort de cisaillement maximal efficace pour la détermination des efforts dans l'assemblage selon la Formule B.10 donnée dans l'Annexe B de l'EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 ;
$E_2$	est le module d'élasticité de l'élément 2 (par exemple, en bois) ;
$A_2$	est l'aire de l'élément 2 (par exemple, en bois) ;
$I_1$	est le moment d'inertie de l'élément 1 (par exemple, en béton) ;
$I_2$	est le moment d'inertie de l'élément 2 (par exemple, en bois) ;
$L$	est la portée de la poutre ;
$\Delta\varepsilon$	est la différence de déformation inélastique entre l'élément 2 et l'élément 1 ;
$V(q_d)$	est l'effort de cisaillement résultant, dû uniquement aux charges externes.

Il convient de déterminer l'effort de cisaillement dans l'assemblage  $F_{v,Ed}$  dû au retrait d'une poutre en bois ( $\Delta\varepsilon < 0$  selon la Formule précédente) à l'aide de la Formule :

$$F_{v,ed} = K L \left( \frac{M_{max,2} z}{\pi E_2 I_2} - \frac{E_1 A_1 + E_2 A_2}{\pi E_1 A_1 E_2 A_2} N_{max,2} - \frac{\Delta\varepsilon}{2} \right) \leq F_{v,Rd}$$

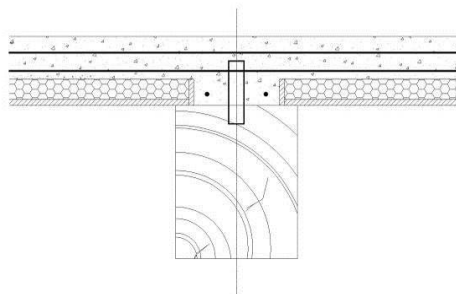
Où :

$F_{v,Ed}$	est l'effort sur l'assemblage ;
$K$	est la rigidité de l'assemblage ;
$L$	est la portée de la poutre ;
$M_{max,2}$	est le moment de flexion maximal de l'élément bois ;
$z$	est la distance entre les centres de gravité des éléments béton et bois ;
$E_2$	est le module d'élasticité de l'élément 2 (bois) ;
$I_2$	est le moment d'inertie de l'élément 2 (bois) ;
$E_1$	est le module d'élasticité de l'élément 1 (béton) ;
$A_1$	est l'aire de l'élément 1 (béton) ;
$A_2$	est l'aire de l'élément 2 (bois) ;
$N_{max,2}$	est l'effort normal maximal dans l'élément bois ;
$\Delta\varepsilon$	est la différence de déformation inélastique entre l'élément bois et l'élément béton ;
$F_{v,Rd}$	est la valeur de calcul de la capacité résistante de l'assemblage.

## 1.5. Poutre avec renformis

Dans certains cas il arrive que la dalle soit rehaussée sur le coffrage, ce qui crée un renformis béton sur une certaine largeur de la poutre.

### 1.5.1. Renformis sans armatures transversales



Dans le cas où la hauteur du renformis est inférieure à sa largeur, on peut se dispenser d'armatures transversales en prenant en compte un coefficient de réduction pour la résistance des connecteurs :  $k_l$  (Selon NF EN 1994 §6.6.4.1)

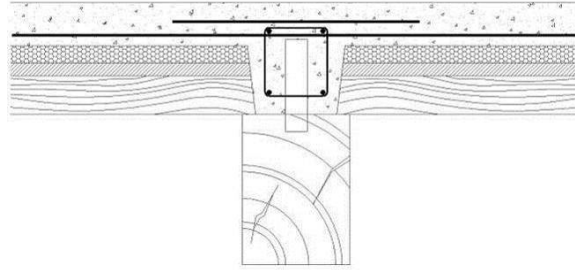
$$k_l = 0,6 \frac{b_0}{h_p} \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1$$

Avec :  $b_0$  largeur du renformis

$h_p$  hauteur de renformis

$h_{sc}$  hauteur du connecteur dans le béton  $< h_p + 75$  mm

### 1.5.2. Renformis avec armatures transversales



Les cadres assurent le coutrage entre le renformis et la table de compression lorsque la hauteur du renformis est supérieure à sa largeur. Dans ce cas le facteur  $k_l$  n'est pas utilisé.

La vérification des armatures transversales et des bielles de compression s'effectue selon la même méthode décrite précédemment au §1.4.3.1 pour la dalle béton.



## 2. Dossier Technique

**Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire**

### 2.1. Données commerciales

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire : Société MAINDRON STRUCTURES  
12 Rue des Frères Lumière  
Parc d'Activités de Ragon  
44119 TREILLIERES  
Tél. : 02 40 72 80 80  
Email : [contact@maindron.fr](mailto:contact@maindron.fr)  
Internet : [www.maindron.fr](http://www.maindron.fr)

### 2.2. Description

#### 2.2.1. Principe

Le plancher mixte bois-béton SYLVABAT® consiste à faire travailler des poutres en bois avec une dalle béton armé grâce à une liaison entre les deux matériaux réalisés avec des connecteurs métalliques. Ces connecteurs métalliques tubulaires sont répartis le long de la face supérieure des poutres pour limiter le glissement à l'interface des deux matériaux. Cela permet de calculer une section mixte bois-béton et utiliser ainsi son inertie totale dans les calculs.

Le procédé est applicable à tout type de bâtiment (maison individuel, logement collectif, tertiaire, ERP, etc...), dont la structure porteuse verticale peut être en béton armé, métallique, en maçonnerie ou en bois, en France métropolitaine.

L'utilisation du procédé est possible dans les zones de sismicité I à IV pour les bâtiments de catégorie d'importance I à IV, et en zone V pour les bâtiments de catégorie d'importance I et II au sens de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

Il est possible de reprendre des charges de toute nature (ponctuelles et réparties) et intensité, limitées cependant aux charges statiques et quasi-statiques définies dans l'Eurocode 1. La dalle béton permet d'assurer le rôle de diaphragme par mise en œuvre des dispositions nécessaires (ferraillages, chainages, liaison aux éléments verticaux de stabilité). Elle peut aussi intégrer des chevêtres et trémies. L'utilisation du procédé est possible en classe de service 1 et 2 au sens de l'article 2.1.3 de la norme NF EN 1995-1-1 (Eurocode 5).

Lors de l'utilisation du procédé SYLVABAT® en réhabilitation, le calcul prend alors en compte les sections résiduelles effectives. L'épaisseurs minimale de la dalle béton devra être de :

Epaisseurs de dalle en mm	≥ 70	≥ 80	≥ 100
En situation normale	X	X	X
Dans les bâtiments nécessitant des dispositions parasismiques	-	-	X
Utilisation en support d'étanchéité	-	X	X
En situation d'incendie (sans protection rapportée assurant à elle seule le respect du critère REI requis)	-	X (EI30 à EI60)	X (EI90)

#### 2.2.2. Définition des matériaux

##### 2.2.2.1. Poutres en bois

Les poutres ou solives, neuves ou existantes, peuvent être en lamellé collé ou bois massif (résineux ou feuillus), dont les caractéristiques doivent satisfaire les normes NF EN 14081 et NF EN 338 pour les bois massifs et NF EN 14080 pour les bois en lamellé collé. La classe de résistance minimum est C18 pour les bois massifs résineux et GL24h pour les bois lamellés collés.

L'utilisation du procédé est possible en classe de service 1 et 2. La durabilité du bois (naturelle ou après traitement) sera adaptée aux conditions d'emploi, au risque biologique et conforme aux normes en vigueur.

Les poutres peuvent être rabotées ou non ; leur largeur doit respecter une pince de 12 mm entre le bord du connecteur et la face latérale. Cette pince est portée à 20 mm dans le cas de reprise d'efforts sismiques par les connecteurs. Les poutres en bois ont une largeur minimale de 6 cm (dans le cas de mise en œuvre de connecteurs de diamètres nominal de 30 mm) et de 7,5 cm (dans le cas de mise en œuvre de connecteurs de diamètres nominal de 50 mm) et une hauteur minimale de 8 cm.

Dans le cas d'ouvrage neuf, elles peuvent être réalisées avec ou sans contreflèche. La contre-flèche des poutres bois réalisée lors de la fabrication doit être réservée aux poutres non-étayées et sa valeur limitée à la déformation due au poids propre du béton.

Dans le cas de plancher existant, une vérification des éléments devant être renforcés par connexion (sections résiduelles, état sanitaire des bois, fissuration préjudiciable et défauts) devra être réalisée pour valider la faisabilité du renforcement et la mise en œuvre.

### 2.2.2.2. Connecteurs

Les connecteurs sont fournis par la société MAINDRON STRUCTURES SAS. Ce sont des tubes en acier S235 minimum, d'épaisseur 2 mm ( $\pm 0,2$  mm) et de diamètre extérieur 30 / 50 mm ( $\pm 0,3$  mm). Leur longueur dépend de l'épaisseur du coffrage et de la dalle, sans pouvoir être inférieure à 75 mm et avec un recouvrement minimum de 15 mm par le béton de la dalle.

Ils sont mis en œuvre dans des percements circulaires du diamètre des connecteurs, pratiqués sur la face supérieure des poutres, et enfoncés de 4 cm de profondeur. Ils sont disposés en ligne ou en quinconce par rapport à l'axe des poutres à intervalle semi-régulier sur toute la longueur de ces dernières. Lorsqu'ils sont mis en œuvre en quinconce sur des lignes parallèles, la condition d'espacements entre connecteurs sera  $\geq 1,2x\varnothing$  à l'axe des connecteurs et dans les 2 directions.

Ces percements sont exécutés sur chantier, sauf exceptions, à l'aide d'un porte-outil guidé verticalement. Le diamètre du trou doit être de 49,6 mm (connecteur  $\varnothing 50$  mm) et 29,6 mm (connecteur  $\varnothing 30$  mm) avec des tolérances de + 0,2 mm et - 0,1 mm ; sa profondeur doit être de 40 mm, avec une tolérance de + 15 mm et - 1 mm.

L'extrémité des connecteurs est enfoncée dans les trous sur 40 mm de profondeur. Une fois enfoncés, il ne doit pas y avoir de « jeu » tel qu'on puisse retirer le connecteur à la main. La longueur des connecteurs est choisie de manière à ce que leur extrémité supérieure soit recouverte d'au moins 15 mm par le béton de la dalle.

### 2.2.2.3. Film de protection

Le film utilisé afin d'éviter la prise d'humidité du fond de coffrage et de protéger les solives bois de l'humidité est de type Polyéthylène d'épaisseur 80  $\mu\text{m}$  minimum.

### 2.2.2.4. Fond de coffrage

Le coffrage prévu peut être perdu ou récupérable et de tout type de matériau si sa résistance est vérifiée sous charges provisoires par rapport à sa portée. Dans le premier cas, l'appui du panneau de coffrage sur les poutres doit se faire sur une profondeur d'au moins 1,5 cm le béton étant en contact direct avec les solives entre les panneaux. En cas de coffrage récupérable, celui-ci est maintenu entre les poutres.

Les panneaux de coffrage sont fixés sur les poutres par clouage, vissage, agrafage ou collage.

Un platelage existant peut-être conservé si sa résistance est vérifiée et qu'il repose directement sur les poutres (pas de calage entre ce platelage et la face supérieure des éléments connectés). Il est soit découpé au droit des connecteurs afin d'assurer les conditions d'enrobages réglementaires, soit il est traversé par les connecteurs dans les conditions données dans le §2.5.2.1 de l'avis technique.

Tout type de coffrage (perdu ou récupérable) peut être employé, à partir du moment où sa capacité portante en phase provisoire est justifiée par le calcul. Le fond de coffrage peut être de natures différentes :

- Prédalles béton ;
- Panneaux à base de bois (OSB2/3 selon la norme NF EN 300, panneaux de particules P4/5/6/7 selon la norme NF EN 312, contreplaqués selon la norme NF EN 636-1/2/3, LVL, etc.).

### 2.2.2.5. Isolant

Dans le cas de planchers intermédiaires, un matériau isolant peut être interposé entre le fond de coffrage et la dalle, pour les raisons suivantes :

- Soit pour une fonction d'isolation : phonique ou thermique ;
- Soit pour une nécessité de dimensionnement : compensation de déformation et mise à niveau sans recharge béton (réduction de poids de béton rapporté) ou rehausse de la dalle pour augmenter l'inertie mixte.

Ce matériau ne devra pas s'écraser en phase provisoire sous le poids du béton lors du coulage et sa classe d'incompressibilité devra vérifier sa capacité à supporter ces charges.

L'isolant sera de classe SC1, suivant la NF DTU 52.10 P1-2.

Lorsque le béton aura séché l'isolant n'aura plus de rôle porteur et la dalle doit être justifiée en travée pour reprendre l'ensemble des charges finales.

Il doit être mis en œuvre selon une disposition en hourdis entre les éléments connectés, de manière à laisser une nervure béton continue sur toute la longueur de l'élément connecté pour recevoir les connecteurs.

La largeur de cette nervure sera au minimum égale au diamètre des connecteurs + 30 mm ou sera précisée dans les calculs si elle doit être supérieure.

### 2.2.2.6. Armatures

Les armatures utilisées dans les ouvrages béton doivent respecter les spécifications de la norme NF EN 1992-1 et son annexe C. En zone sismique, elles doivent respecter les spécifications de la norme NF EN 1998-1 §5.3.2, §5.4.1 et §5.5.1.1.

### 2.2.2.7. Dalle béton

Le béton structural de la dalle respecte les exigences des normes NF EN 206/CN et NF EN 1992-1-1 et doit être vibré lors de sa mise en œuvre.

La dalle a une épaisseur minimum de 7 cm et la classe de résistance du béton est au moins égale à C25/30 avec une petite granulométrie (diamètre des granulats inférieur à 15 mm). Son épaisseur minimum passera à 8 cm dans le cas des toiture terrasses.

Son épaisseur minimum passe à 10 cm pour avoir en enrobage suffisant des aciers et pour pouvoir être prise en compte comme diaphragme en situation sismique ou pour contreventer (en se référant aux normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1998-1-1). Pour remplir cette fonction diaphragme, les liaisons entre la dalle et les éléments verticaux de stabilité, doivent être soigneusement calculés et les efforts transitant dans la dalle repris par les armatures et chaînages nécessaires.

Le dimensionnement de la dalle BA se fait selon la norme NF EN 1992-1-1 pour pouvoir satisfaire aux exigences du projet (charges, portées, isolation phonique, degré coupe-feu, etc ...) et selon sa nature (dalle pleine).

Dans le cas de planchers de type préfabriqués avec coulage de la dalle de compression sur site et sur prédalles, les dispositions constructives doivent respecter le NF DTU 23.4.

Des dispositions particulières devront être assurées dans ce cas de planchers de type préfabriqués.

- La prédalle devra obligatoirement reposer sur la poutre bois. La valeur de repos nominale, définie dans l'Annexe B de la norme NF P19-206, sur la poutre devra au moins être égale à 45 mm avec étaieage intermédiaire ou 55 mm sans étaieage intermédiaire. La vérification en compression transversale des éléments bois devra être réalisée afin de reprendre, en phrase provisoire, le poids de la prédalle et des actions en cours de construction tel que prévue par l'Annexe B de la norme NF P19-206 ;
- Les épaisseurs de la prédalle et de la dalle de compression seront déterminées par le bureau d'études d'exécution ;
- Les connecteurs métalliques Sylvatat devront dépasser de la prédalle de 35 mm. Lors d'un conflit avec une armature dépassante de la prédalle, l'entraxe des connecteurs sera réduit favorablement pour que la justification par le calcul telle que définie au §1.4 soit satisfaisante ;
- La pince du connecteur, définie au §2.2.2.1, devra être respectée depuis le bord de la prédalle et non du bord de la poutre.

Dans des cas de figure spécifiques, une nervure béton (renformis) est réalisée sur les poutres bois. On retrouve ce cas par exemple dans les planchers à la française (solives posées sur le dessus de poutres maitresses) ou lorsque l'on veut rehausser la dalle par rapport au plan de coffrage. Cette nervure est armée par un chaînage constitué de cadres et d'aciers HA filants selon nécessité du calcul, pour assurer la bonne transmission des efforts entre la table de compression et ce renformis.

---

## 2.3. Disposition de conception

---

Etablir une connexion entre le bois et le béton a pour but d'éviter le glissement à l'interface de ces deux matériaux. L'inertie totale de la section mixte bois-béton peut dans ce cas être exploitée, avec une sollicitation du bois des poutres en traction et du béton en compression.

Dans le cadre de ce procédé, seul le BET interne de la société MAINDRON STRUCTURES SAS se charge de réaliser les calculs de connexion, et s'assure que ceux-ci répondent aux normes éditées par les Eurocodes. En particulier, l'annexe B de la norme NF EN 1995-1-1 qui traite de la semi-rigidité de la connexion.

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

### 2.3.1. Cas général

Le dimensionnement prend en compte une 1<sup>ère</sup> phase (provisoire), durant laquelle la connexion n'est pas effective et où la poutre bois reprend l'intégralité des efforts (charges de coulage). Puis une 2<sup>ème</sup> phase (définitive) qui tient compte de la connexion une fois que le béton a atteint sa résistance finale après séchage, pour reprendre les charges permanentes ajoutées et l'exploitation.

En général la poutre est étayée de façon passive en phase provisoire de sorte à ne pas amener de contraintes ou déformations dans le bois. Cependant, si cela est justifiable par le calcul il est envisageable de ne pas étayer. Dans ce cas l'état de contrainte et de déformations final, devra être vérifié en combinant les résultats des 2 phases (principe de superposition dans le cas d'une analyse élastique).

Le fluage des 2 matériaux n'est pris en compte que dans la phase définitive. Il est négligé en phase provisoire dont l'état ne dure que le temps du séchage du béton.

#### 2.3.1.1. Phase provisoire

Lors de cette étape, la poutre en bois, qui n'est pas encore connectée au béton, est calculée, pour l'ensemble des charges appliquées lors du coulage : poids de béton frais, poids des plafonds et remplissages conservés. Il faudra tenir compte des surépaisseurs de béton lorsqu'il y a des déformations existantes du plancher, ce qui est souvent le cas en réhabilitation pour les planchers anciens.

Elle est effectuée sous l'action simultanée :

- D'une charge uniformément répartie représentant le poids propre du plancher (bois, coffrage, béton frais) pondéré par 1,35 ;
- D'une charge ponctuelle P pondérée par 1,5, placée au milieu de la portée libre, 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 la zone de travail ;
  - 1,5 kN/m<sup>2</sup>, charge appliquée sur l'aire de travail de dimensions en plan 3,00 x 3,00 m.

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

- L/500 si un aspect de sous face est nécessaire ;
- L/200 sans aspect de sous face. Si la déformée à mi portée ne respecte pas ce critère, un étayage devra être prévu.

Dans certains cas les étais peuvent être mis en charge par vérinage afin de réduire les déformations existantes de poutres, qui se retrouvent alors en situation hyperstatique. Il faudra tenir compte dans le calcul final des réactions d'appuis amenées par les étais, que l'on appliquera sous forme de charges ponctuelles de même intensité, à la poutre rendue isostatique après séchage du béton et dépose des étais.

Dans le cas d'un plancher neuf en lamellé-collé, on peut parfois se dispenser d'étaieage, en le remplaçant par une contreflèche à la fabrication qui compense la déformation sous charges de coulage.

On prendra en compte là encore, l'état de contrainte initial sous charges de coulage de la poutre pour le calcul final.

### 2.3.1.2. Vérification de la sécurité

Elle est effectuée sous l'action simultanée :

- D'une charge uniformément répartie représentant le poids propre du plancher pondéré par 1,35 ;
- D'une charge ponctuelle P pondérée par 1,5, placée au milieu de la portée libre L1, représentant l'action des charges de mise en œuvre. La charge ponctuelle P, en kN, est prise égale à :
  - 0,5. L1 si L1 < 6,0 m ;
  - 1,5 + 0,25. L1 si L1 > 6,0 m.

Avec L1 = portée libre en phase de mise en œuvre, en m.

La vérification dans cette phase concerne la poutre en bois et le fond de coffrage. La contrainte dans le bois sous l'action pondérée du poids propre du plancher et des charges de la mise en œuvre est limitée à  $k_h \cdot f_{mk} / 1,3$ .

Dans tous les cas, le platelage devra être en appui de 15 mm minimum sur chaque bord des solives.

### 2.3.1.3. Phase définitive

La poutre en bois, qui est maintenant connectée en section mixte, est calculée, sous l'ensemble des charges du projet. On vérifie à nouveau que les éléments bois de la structure respectent tous les critères ELU et ELS de la norme NF EN 1995-1-1.

Les critères ELU sont : la résistance en flexion, au cisaillement et à la compression transversale.

Les critères ELS sont : la flèche instantanée, la flèche active et la flèche finale.

Les éléments béton doivent quant à eux respecter les critères de la norme NF EN 1992-1-1.

La connexion doit être calculée de sorte que la résistance des connecteurs ne soit pas dépassée, tout en respectant les conditions énoncées dans la partie Avis du présent avis technique.

### 2.3.1.4. Capacité résistante des connecteurs

Selon leur diamètre et le degré de résistance du bois dans lequel ils sont insérés, les connecteurs ont une capacité variable à reprendre les efforts de cisaillement longitudinal qui les affectent. Un autre facteur intervient, correspondant à la condition de pose du platelage formant fond de coffrage, avec 2 dispositions à distinguer :

- Le platelage est continu sur la solive et le béton n'atteint pas sa face supérieure (jusqu'à 25 mm d'épaisseur de platelage).
- Le platelage est interrompu au droit du connecteur et le béton atteint la face de la solive.

Les résistances caractéristiques sont données des différents connecteurs sont données ci-après :

*Connecteur Ø30 mm :*

- Platelage découpé :  $R_k = 23,17 \text{ kN} / K_{ser} = 88,21 \text{ kN/mm}$
- Platelage continu :  $R_k = 16,71 \text{ kN} / K_{ser} = 29,42 \text{ kN/mm}$

*Connecteur Ø50 mm :*

- Platelage découpé ou continu :  $R_k = 23,5 \text{ kN} / K_{ser} = 49,00 \text{ kN/mm}$

Les valeurs de calcul à prendre en compte dans les justifications à mener à l'ELU sont les suivantes :

*Connecteur Ø30 mm :*

- Platelage découpé :  $R_d = 14,26 \text{ kN} / K_{ser} = 88,21 \text{ kN/mm}$
- Platelage continu :  $R_d = 10,28 \text{ kN} / K_{ser} = 29,42 \text{ kN/mm}$

*Connecteur Ø50 mm :*

- Platelage découpé ou continu :  $R_d = 14,46 \text{ kN} / K_{ser} = 49,00 \text{ kN/mm}$

Ces valeurs sont à considérer dans le cas d'une utilisation en classe de service 2 et pour des charges de durée d'application moyenne au sens de l'article 2.1.3 de la norme NF EN 1995-1-1.

La capacité résistante des connecteurs donnée ci-dessus est valable pour des bois pour lesquels la masse volumique moyenne est de l'ordre de  $450 \text{ kg/m}^3$ . Pour des bois de masse volumique différente, la capacité résistante doit être affectée par un coefficient égal à :

$$[m_{VR} / 400]^{0,5}$$

Où  $m_{VR}$  est la masse volumique caractéristique, en  $\text{kg/m}^3$ , du bois mis en œuvre, sans que ce coefficient puisse dépasser la valeur de 1,15.

En outre, dans le cas d'une utilisation dans une classe de service différente de la classe 2 et/ou pour une durée d'application des charges différente de la durée moyenne, au sens de l'article 2.1.3 de la norme NF EN 1995-1-1, la capacité résistante des connecteurs à prendre en compte dans les calculs doit être affectée d'un coefficient égal à :

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

$k_{mod}$  étant précisé dans la norme NF EN 1995-1-1 en fonction de la classe de service et de la durée d'application de la charge.

### 2.3.1.5. 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 sont déterminés par le calcul dans les conditions précisées ci-dessus. Ils sont, en plus, limités par les conditions suivantes :

- Espacement compris entre 15 et 60 cm ;

- Le connecteur le plus proche de l'about de la poutre en bois, doit se trouver à au moins 15 cm de celui-ci.

Par ailleurs, la distance minimale entre le bord des connecteurs et la face latérale de la poutre doit être au minimum de 12 mm (porté à 20 mm dans le cas de situation sismique).

#### 2.3.1.6. Transmission des charges aux appuis

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

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

Dans le cas d'utilisation de prédalles béton, il y a lieu de s'assurer que les largeurs d'appuis de prédalles correspondent aux prescriptions du NF DTU 23.4 et que la contrainte de compression exercée sur le bois par les prédalles n'excède par la résistance de calcul en compression perpendiculaire du bois.

#### 2.3.1.7. Reprise de la flexion transversale

La reprise des efforts de flexion transversale entre poutres bois parallèles doit être justifiée en tenant compte de la seule section de béton armé dans le cas des platelages bois.

Dans le cas d'utilisation de prédalles béton, la reprise des efforts de flexion transversales devra être justifiée en tenant compte de la norme NF EN 1992-1-1.

#### 2.3.1.8. Conception des appuis de continuité

Le sciage de la dalle n'est autorisé que s'il est prévu en phase conception et décrit sur les plans d'exécution, le plancher étant par ailleurs justifié intégralement en isostatique. Dans le cas de mise en œuvre des revêtements et cloisons fragiles : des armatures correspondant à  $0,3.M_0$  seront prévues sur appui dans le plancher (solives + dalle) pour assurer la continuité des solives et des poutres principales par ailleurs dimensionnées en isostatique.

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

### 2.3.2. Trémies et Chevêtres

Lorsque des réservations traversent la dalle, il faut vérifier si cela réduit la largeur de table de compression mobilisée dans le calcul, et la réduire si nécessaire. De plus, on ajoutera des armatures de renforts en rive de ces réservations, en application des règles usuelles de la NF EN 1992-1-1.

Dans certains cas, il peut être nécessaire de créer des chevêtres recoupant plusieurs solives et repris par des solives d'enchevêtrement ou des poutres, dont la section devra être dimensionnée pour être capable de supporter la charge ponctuelle amenée.

Le chevêtre peut être une poutre mixte, un profilé métallique ou une bande noyée. Les assemblages entre éléments seront alors dimensionnés selon la norme NF EN 1995-1-1, NF EN 1993-1-1 ou NF EN 1992-1-1.

Cela est valable aussi en réhabilitation où l'on trouve souvent des chevêtres bois existants. Dans ce cas particulier les assemblages solives/chevêtres et chevêtres/poutres sont généralement de type traditionnels bois-bois et devront être justifiés ou renforcés si nécessaire.

### 2.3.3. Percements et réservations dans les solives

Tous les percements, tels que des réservations pour passage de réseaux par exemple, dans les solives bois, réalisés après le chantier, et quelles que soient leurs dimensions, ne pourront l'être qu'après l'obtention de l'accord du bureau d'études de structure et/ou la Société MAINDRON. Il conviendra de renforcer la solive et de respecter les règles énoncées dans la norme DIN EN 1995-1-1/NA pour la conception du trou.

Les règles relatives à la taille et à l'emplacement des trous sont énoncées dans le Tableau ci-après selon la notation utilisée dans la Figure ci-dessous.

Les trous dont le diamètre ou la longueur diagonale  $d \leq 50$  mm et  $h_d \leq 0,15$  h peuvent être considérés comme une section résiduelle s'ils sont situés à proximité de l'axe neutre.

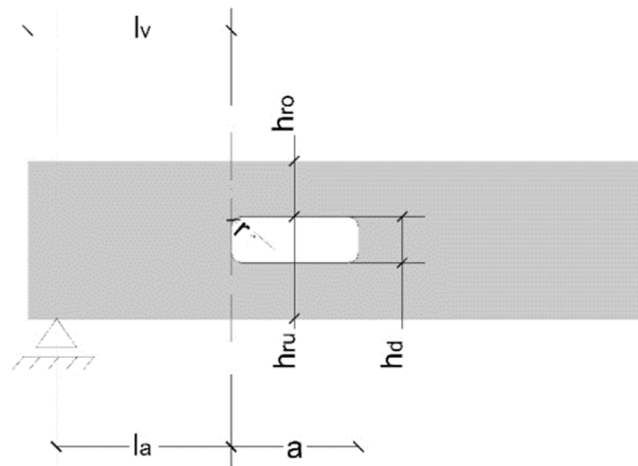


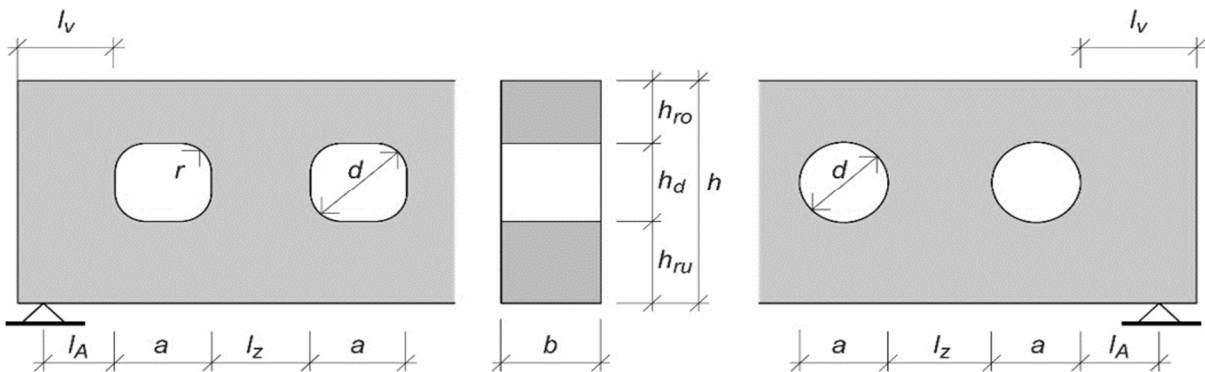
Figure 1 – Exemple de percement

Cisaillement au bord du trou considéré :

$$V_{hole} = q_d \cdot \left( \frac{L_{tot}}{2} - l_A \right)$$

Moment fléchissant au bord du trou considéré :

$$M_{hole} = q_d \cdot \frac{L_{tot}}{2} \cdot l_A - q_d \cdot \frac{l_A^2}{2}$$



Percements rectangulaire ou circulaire

Règles relatives à la conception de trous rectangulaires ou circulaires renforcés au sein des poutres :

$l_v \geq h$	$l_z \geq h$ ou $\geq 300 \text{ mm}$	$l_A \geq 0,5 h$	$h_{ro} \geq 0,25 h$ $h_{ru} \geq 0,25 h$	$a \leq h$ $a \leq 2,5 h_d$	$h_d \leq 0,4 h$	$r \geq 20 \text{ mm}$ Si $h_d \leq 200$ $r \geq 40 \text{ mm}$ Si $h_d > 200$
--------------	---	------------------	--	--------------------------------	------------------	---

Concernant le renforcement interne des deux côtés du trou, il convient de vérifier que la contrainte  $\sigma_{t,90}$  dans le plan de renforcement, considérée comme étant répartie de façon uniforme, satisfait l'expression suivante :

$$\sigma_{t,90} = \frac{F_{t,90}}{0,5 l_{t,90} b} \leq \min \left\{ F_{ax,Rd} \right. \\ \left. F_{t,vis,Rd} \right\}$$

Avec :

$F_{ax,Rd}$  : correspond à la résistance de l'extraction d'un organe métallique à 90° par rapport au fil

$$F_{ax,Rk} = \frac{f_{ax,k} d l_{ef} k_d}{1,2 (\cos \alpha)^2 (\sin \alpha)^2}$$

$$f_{ax,k} = 0,52d^{-0,5}l_{ef}^{-0,1}\rho_k^{0,8}$$

$$k_d = \min\left\{\frac{1}{d}\right\}$$

$$F_{L,vis,Rk} = 0,9f_u\pi\frac{d_m^2}{4}$$

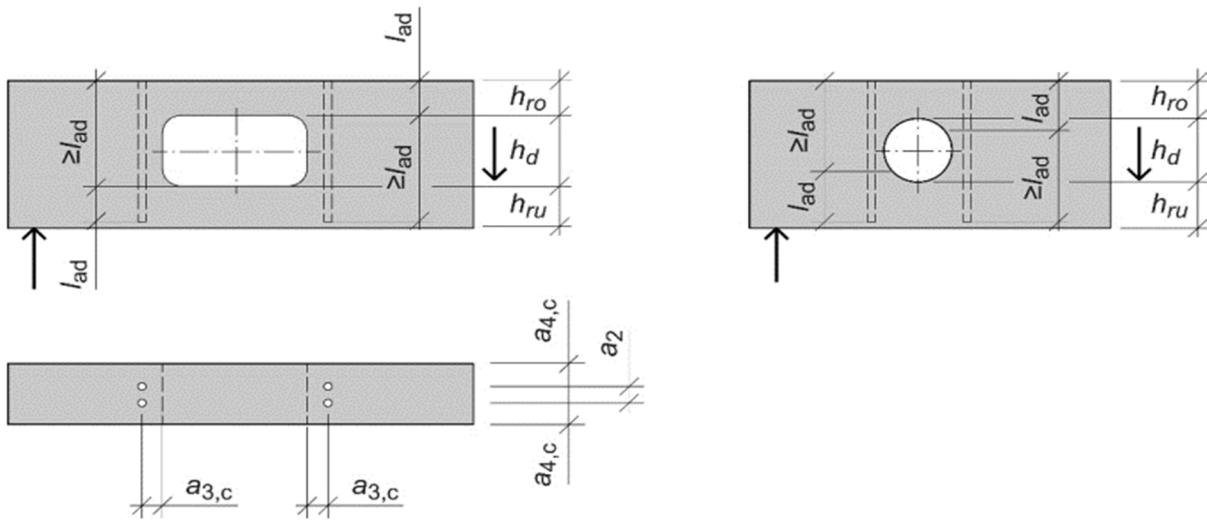
Où :

$$l_{ef} = h_r$$

$d$  : diamètre de la vis

$d_m$  : diamètre corps de vis

$f_u$  : résistance à la traction de la vis



### Renforcement des percements

En sus des critères de justification ou renforcement des abords de percements, il sera nécessaire de vérifier les contraintes de traction, de compression, de cisaillement et de flexion eu niveau des percements.

La contrainte de flexion  $\sigma_d$  pour les trous dont le centre est situé sur l'axe neutre est donnée par :

$$\sigma_{m,d,hole} = \frac{M_{d,hole}h}{2I_{hole}} + \sigma_{add,d,hole}$$

Où  $M_{d,hole}$  est le moment calculé au centre du trou et  $I_{hole}$  est calculé par :

$$I_{hole} = \frac{b}{12}(h^3 - d^3)$$

Pour la contrainte de flexion des trous ronds  $\sigma_{add,d,hole} = 0$  et pour les trous rectangulaires, elle est donnée par :

$$\sigma_{add,d,hole} = \frac{M_{add,d,hole}}{W_r} = \frac{V_d a / 4}{bh^2 / 6} = \frac{3V_d a}{2bh^2}$$

Les contraintes de traction et de compression  $\sigma_{t,d,hole}$  et  $\sigma_{c,d,hole}$  dans le cas où le trou est situé sur l'axe neutre de la poutre sont donnés par :

$$\sigma_{t,d,hole} = \frac{F_{t,d}}{A_{hole}}$$

$$\sigma_{c,d,hole} = \frac{F_{c,d}}{A_{hole}}$$

Où  $F_{t,d}$  et  $F_{c,d}$  sont les efforts de traction au centre du trou et  $A_{hole}$  est calculé par :

$$A_{hole} = b(h - h_d)$$

La contrainte de cisaillement  $\sigma_{v,d,hole}$  dans le cas où le trou est situé sur l'axe neutre de la poutre ( $h_{ro} = h_{ru}$ ) est donné par :

$$\sigma_{v,d,hole} = 1.5 \frac{V_d}{A_{hole}} \leq f_{v,d}$$

$V_d$  : effort de cisaillement au droit du trou

### 2.3.4. Porte à faux en prolongement d'une poutre isostatique sur deux appuis

En se limitant au cas d'un porte-à-faux ne dépassant pas 2 fois la portée isostatique et limité à 2,00 m, on peut effectuer les vérifications suivantes :

- Absence de soulèvement sur l'appui de la travée isostatique situé à l'opposé du porte-à-faux ;
- Justification de la travée isostatique connectée aux ELS et ELU sans tenir compte du porte-à-faux. Le moment est alors surévalué par rapport à la réalité ce qui est sécuritaire ;
- Justification du porte-à-faux et du moment négatif sur appui aux ELS et ELU sans prendre en compte de connexion ;
- Prévoir le ferrailage en chapeau de la zone soumise à un moment négatif.

### 2.3.5. Conception des appuis de continuité

En ce qui concerne la continuité des dalles béton sur les appuis parallèles à leur sens porteur, il convient de prévoir des armatures supérieures capables d'équilibrer l'inversion de moment, en tenant compte de la rigidité en flexion de cet appui (mur, poutre, etc...).

Dans le cas de poutre mixte hyperstatique avec appuis intermédiaires les travées sont dimensionnées en isostatique pour l'ELS et l'ELU mais la connexion tiendra compte des efforts tranchants réels sur appuis intermédiaires.

Le moment négatif au droit des appuis intermédiaires est soit repris intégralement par la poutre bois sans tenir compte de la connexion, soit dans le cas où il y a dépassement de la capacité du bois en flexion, le moment différentiel est repris par la table de compression qui est alors assimilée à une poutre béton avec armatures de traction. La largeur efficace de cette poutre béton est prise selon §5.3.2.1 de la norme NF EN 1992-1-1. Le dimensionnement des armatures de traction est effectué selon la norme NF EN 1992-1-1.

### 2.3.6. 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 planchers mixtes bois-béton SYLVABAT® doivent vérifier les 3 conditions suivantes :

- La fonction diaphragme horizontal ;
- La fonction tirant-buton horizontal ;
- L'intégrité suite au séisme.

En fonction des caractéristiques de la structure du bâtiment, l'un des deux types d'analyse élastique linéaire peut être utilisé pour déterminer les effets des actions :

- La méthode des forces latérales équivalentes pour les bâtiments respectant les conditions indiquées au §4.3.3.2 de la norme NF EN 1998-1 ;
- L'analyse modale utilisant le spectre de réponse qui est applicable à tous les types de bâtiments (voir §4.3.3.3 de la norme NF EN 1998-1).

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

- La fonction diaphragme pourra être assurée par l'ensemble formé par la dalle de compression et les solives du fait de la reprise d'efforts cycliques par les connecteurs dans les 2 directions (transversale et longitudinale) ;
- Les diaphragmes n'étant pas des éléments dissipatifs, ceux-ci doivent être calculés en prenant en compte un coefficient de sur-résistance  $d = 1,3$  défini dans la norme NF EN 1998-1 §4.4.2.5 ;
- Les renforts des trémies doivent être dimensionnés pour transmettre les efforts aux éléments de contreventement. Le diaphragme doit être dimensionné en conséquence ;
- Les dalles béton doivent être ancrées sur appui (cas des appuis béton et maçonnés) ou connectées au moyen de 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 chainages 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 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 ;
- La capacité résistante des connecteurs en cisaillement transversal est limitée aux valeurs suivantes :
  - Bois lamellé-collé (GL24 mini)
    - Connecteur Ø50 mm :  $R_d = 10,50 \text{ kN} / K_{ser} = 28 \text{ kN/mm}$
  - Bois massif (C24 mini)
    - Connecteur Ø50 mm :  $R_d = 8,10 \text{ kN} / K_{ser} = 23,5 \text{ kN/mm}$



Dans le cas des constructions à structure principale Béton, on pourra se référer à l'article 5.10 de la norme NF EN 1998-1 et respecter en plus les points suivants :

- Les diaphragmes n'étant pas des éléments dissipatifs, ceux-ci doivent être calculés en prenant en compte un coefficient de sur résistance défini au §4.4.2.5 de la norme NF EN 1998-1 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 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.
- 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.
- Le connecteur le plus proche de l'about de la poutre en bois, doit se trouver à au moins 15 cm de celui-ci.

---

## 2.4. Disposition de mise en œuvre

---

La mise en œuvre est effectuée exclusivement par le personnel de la société MAINDRON STRUCTURES SAS ou sous son contrôle par une entreprise tierce.

### 2.4.1. Etudes d'exécution

Seul le BET interne de la société MAINDRON STRUCTURES SAS est habilitée à réaliser les études de prédimensionnement et d'exécution.

Les études d'EXE incluent :

- Les notes de calcul sous entête MAINDRON STRUCTURES SAS des poutres connectées, pour les hypothèses du projet (géométrie, charges, environnement...).
- La réalisation de carnets de plans regroupant 3 types de plans :
  - Plans de connexion avec le repérage des poutres et la répartition des connecteurs ;
  - Plans de ferrailage indiquant les types et natures d'armatures ainsi que leurs dispositions ;
  - Plans d'étalement indiquant la position des étais nécessaires au coulage.
- Lorsque le plancher bois-béton est utilisé comme diaphragme pour reprendre des efforts sismiques ou de vent, les efforts horizontaux et leur répartition dans ce diaphragme devront être fournis par le BET en charge de l'étude globale du bâtiment. La reprise d'efforts par les connecteurs pourra alors être vérifiée. Il est à noter que les efforts horizontaux communiqués engagent la responsabilité du BET cité ci-dessus et non celle de la société MAINDRON STRUCTURES SAS.

Dans tous les cas, pour assurer une bonne répartition du béton, le béton coulé en place doit avoir une consistance minimum de S2 au sens de la norme NF EN 206/CN. Sa mise en place nécessite une vibration à l'aiguille.

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

La planéité de l'interface entre les éléments supports et les éléments rapportés doit être assurée par le respect des tolérances de fabrication de ces éléments. Tout dispositif de calage destiné à reprendre des imperfections géométriques en vue d'assurer l'étanchéité doivent être proscrits.

La planéité de la dalle de compression après coulage devra respectée le DTU 21 et 20.12 (cf. Annexe « VISA et Contrôle de l'exécution »).

### 2.4.2. Cas de la construction neuve

Les perçages pour les connecteurs peuvent être réalisés sur chantier ou en atelier, avec l'utilisation des outils d'usinage numérique.

Sur chantier, Les poutres sont fixées sur leurs appuis, soit directement par repos du talon sur leur support ou par assemblages traditionnels bois/bois, soit par l'intermédiaire d'organes d'assemblages. Dans tous les cas les assemblages entre éléments devront être vérifiés par l'entreprise (ou son BET) responsable de la pose de la structure, afin de reprendre les efforts pondérés les sollicitant (efforts verticaux et horizontaux).

#### 2.4.2.1. Etapes de la mise en œuvre :

- Etalement ;
- Pose du coffrage et fixation sur les poutres avec un appui mini de 15 mm. Si le coffrage recouvre les poutres son épaisseur est inférieure ou égale à 25 mm. Si ce n'est pas le cas, on découpe une bande ou une rondelle à la scie cloche au droit de chaque connecteur, de manière à assurer un enrobage minimum de 10 mm par le béton ;
- Traçage des positions des connecteurs et usinage des poutres en bois selon les plans d'exécution MAINDRON STRUCTURES SAS. L'usinage est réalisé à l'aide d'une scie cloche fabriquée par MAINDRON STRUCTURES SAS ;
- Mise en place d'un film plastique désolidarisant ou « polyane » sur le fond de coffrage si cela est nécessaire ;
- Enfoncement en force des connecteurs à travers le film désolidarisant dans les avant-trous réalisés. Les longueurs de pénétration des connecteurs se règle à l'aide de la butée de profondeur. L'espace entre les solives et le béton ne doit pas excéder 50 mm. L'axe des connecteurs doit se situer à 30 mm du bord des solives. La régularité de positionnement des connecteurs est établie selon les principes de conception et de dimensionnement (cf. §2.4 ci-après) en fonction des justifications disponibles ;

- Liaison de la dalle aux maçonneries sur sa périphérie, par des aciers HA scellés, des empochements ponctuels, ou des engravures filantes, selon les efforts à reprendre ;
- Renforcement aux appuis des poutres maîtresses par des aciers ou chainages insérés en empochements ;
- Mise en place des aciers de chaînage et des panneaux de treillis soudés, calés sur le fond de coffrage afin de respecter les enrobages préconisés (écarteurs entre nappes inférieures et supérieures ;
- Création de sommiers de répartition en béton armé sous les appuis des poutres maîtresses dans le cas de réactions d'appuis importantes ;
- Coulage et vibrage de la dalle béton.

Note : Si le percement des trous est réalisé sur chantier, la même précision pour l'épaisseur et le diamètre, donnée au 1.2.5.2 sera assurée. Il est cependant accepté dans ce cas une tolérance de 10 % sur le positionnement en sens longitudinal des connecteurs résultant du calcul.

### 2.4.3. Cas de la réhabilitation

Dans le cas d'application de ce procédé à la réhabilitation, il faut au préalable vérifier la faisabilité par un prédimensionnement. Pour réaliser cette étude il faut connaître les caractéristiques géométriques de la structure et les propriétés des éléments la constituant (portées, entraxes, essence du bois, sections, assemblages, etc..) ainsi que toutes les hypothèses du projet (charges, nature des revêtements, etc..).

Il est également important de vérifier l'état des éléments, notamment les sections résiduelles efficaces et les dégradations (ou défauts), par un diagnostic approprié.

Cette Etude de faisabilité permettra de déterminer si des éléments sont à remplacer ou renforcer, s'ils sont en trop mauvais état pour appliquer le procédé SYLVABAT®. Les renforcements apportés devront être compatibles avec la mise en œuvre de la connexion, ce qui reste à l'appréciation de la société MAINDRON STRUCTURES SAS.

Enfin, les assemblages et conditions d'appuis devront avoir la capacité à transmettre les efforts de liaison. Le cas des assemblages traditionnels bois-bois (tenons mortaises, entailles...), devra faire l'objet d'une attention particulière et ils seront renforcés si nécessaire. La mise en œuvre sur chantier suivra la même démarche que pour les planchers neufs.

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

- Réaliser un diagnostic des poutres pour juger de leur état de conservation ;
- Vérifier la capacité de la structure existante à supporter un éventuel vérinage avant coulage de la dalle béton, destiné à réduire la déformation des solives existantes ;
- Vérifier les sections résiduelles efficaces, par un diagnostic sanitaire et/ou parasitaire.
- Vérifier l'état de déformation et de fissuration ;
- Identifier l'essence utilisée et la classe technologique, conformément à la norme NF EN 14081 (bois massif), et NF EN 14080 (bois lamellé-collé).
- Les poutres qui présenteraient des dégradations, des moisissures ou des cassures, doivent être obligatoirement remplacées ou renforcées par des techniques spéciales éprouvées.
- Il y a lieu de tenir compte dans l'évaluation des charges, du supplément d'épaisseur de la dalle de béton, résultant de la déformation des poutres.

### 2.4.4. Dispositions et précautions à respecter

La pérennité du plancher mixte bois-béton sera assurée en respectant les principes constructifs généraux énoncés ci-après :

- Le taux d'humidité du bois lors de sa mise en œuvre doit être compatible avec l'équilibre hygroscopique qu'il aura en service (8 à 20% pour les ambiances intérieures généralement) ;
- Contrôle visuel et prise en compte des éventuels défauts et singularités du bois (nœuds, fentes, dégradations, etc...). Si nécessaires des renforcements ou remplacements adaptés seront mis en œuvre ;
- Pour les bois existants conservés un état sanitaire sera réalisé ;
- Les appuis des poutres sur les ouvrages porteurs doivent être vérifiés, notamment la profondeur d'appui. Des sommiers béton complémentaires pourront être nécessaires en réhabilitation. La capacité portante et l'état du fond de coffrage utilisé doivent être vérifiés ;
- Les connecteurs sont implantés en respectant les plans d'exécution et les tolérances indiquées dans l'avis technique au §1.2.5.2. Des fiches d'autocontrôle permettent de vérifier la bonne mise en œuvre ;
- Un étaieage vérifié au calcul pour les charges à reprendre en phase chantier est mis en place ;
- Les dispositions de ferrailage données dans les plans et carnets de détails (treillis soudés, chainages, aciers de renfort ou de couture, etc...) doivent être correctement exécutés sur chantier et doivent vérifier les ratios minimums donnés par les normes ;
- Le béton doit être réparti de façon homogène lorsque la dalle est coulée, afin d'éviter les surcharges ponctuelles ;
- L'étaieage est maintenu durant le temps de séchage nécessaire au béton pour atteindre la valeur de calcul spécifiée par la note de calcul.

La dalle de compression a une épaisseur mini de 7 cm et de 10 cm mini lorsqu'elle est utilisée comme diaphragme ou en zone sismique.

---

## 2.5. Habillages

### 2.5.1. Revêtements de sol intérieur

La dalle en béton peut recevoir tous types de revêtements de sol associables à ce type de support.

### 2.5.2. Revêtements d'étanchéité

Les revêtements d'étanchéité associables à ce type de support sont définis dans le § 2.6. Les SEL et les isolants et revêtements d'étanchéité fixés mécaniquement sont exclus.

### 2.5.3. Plafond

Le plancher peut être complété ou non d'un faux-plafond, en fonction des exigences esthétique, acoustique ou coupe-feu. Ces plafonds peuvent être fixés soit entre les solives, soit en-dessous et être réalisé à base de plaques ou de tous autres matériaux et systèmes conçus et mis en œuvre selon le référentiel collégial approprié.

---

## 2.6. Utilisation en élément porteur et support d'étanchéité

---

### 2.6.1. Principe d'utilisation en toiture-terrasse

Le procédé SYLVABAT® permettant la réalisation de plancher mixte bois béton peut être utilisé en élément porteur d'étanchéité sur des toitures terrasses. Le domaine d'application couvert par ce présent avis technique ne couvre que l'emploi en France métropolitaine pour un climat de plaine.

Le plancher mixte Bois béton SYLVABAT® n'a pas fonction d'étanchéité, une étanchéité sera à mettre en œuvre par-dessus conformément au DTU 43.1 et au Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.

La pente nulle est admise conformément aux dispositions du NF DTU 20.12 concernant les planchers de type A.

Dans le cas d'isolant placé sous le revêtement d'étanchéité, la présence d'un pare-vapeur entre la dalle béton collaborante et l'isolant est obligatoire et soumis aux mêmes exigences que celles décrites dans le DTU 43.1.

La planéité de l'éléments porteur doit être conforme au NF DTU 20.12 et aux DTA du revêtement d'étanchéité. La dalle doit être sèche, stable, plan et présenter une surface propre, libre de tout corps étranger et sans souillure (huile, plâtre, hydrocarbure, etc.). La préparation du support est effectuée selon les dispositions du NF DTU 43.1 P1 et des Documents Technique d'Application des revêtements d'étanchéité à base de feuilles bitumineuses.

Les reliefs en béton solidaires du plancher sont conformes au NF DTU 20.12 et à son amendement A2. Les costières métalliques sont admises dans la limite d'application du NF DTU 20.12 + A2 (contre des éléments de façade librement dilatables, uniquement en toitures inaccessibles). Les costières sont fixées mécaniquement dans l'éléments porteur en béton d'épaisseur minimale de 80 mm, en tenant compte de la profondeur minimale d'ancrage.

Dans le cas de reliefs en bois massif, ceux-ci sont constitués de panneaux CLT à usage structurel faisant l'objet d'un DTA ou constitués d'une paroi COB conforme au DTU 31.2 avec panneau de contreplaqué NF Extérieur CTB-X comme support de relevé.

La fixation est constituée de paires d'éléments alignés verticalement (de manière à assurer la résistance au soulèvement).

La fixation doit être dimensionnée en conséquence.

L'éléments inférieur de la paire doit être fixé :

- A la poutre de rive dans le cas d'une costière parallèle à la direction des solives ;
- Aux solives dans le cas d'une costière transversale à la direction des solives de plancher ;
- A un élément transversal continu qui est à son tour fixé aux têtes des solives.

L'éléments supérieur (qui peut être d'un type différent de l'élément de l'élément inférieur) doit être fixé de l'une des manières suivantes :

- Sur le même élément en bois que la fixation inférieure ;
- A la dalle supérieure en béton au moyen d'une cornière métallique fixée par des vis à la costière et par des ancrages en béton.

Peuvent être mis en œuvre sur le procédé SYLVABAT® :

- Des revêtements d'étanchéité bicouches bitumes adhérents, semi-indépendants par auto-adhésivité ou indépendants faisant l'objet d'un Document Technique d'Application, visant l'emploi sur éléments porteurs en béton ;
- Les procédés d'isolation sous revêtement apparent ou les procédés d'isolation mixte bénéficiant d'un DTA visant l'emploi sur élément porteur béton ;
- Les procédés d'isolation sous protection conforme aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de Juillet 2021 et bénéficiant d'un certificat ACERMI établi selon ces Règles ;
- Les procédés d'isolation inversée conforme aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de Juin 2021 et bénéficiant d'un certificat ACERMI établi selon ces Règles.

Les préconisations suivantes doivent être respectées :

- Les fixations mécaniques du revêtement d'étanchéité ou de l'isolant support sont exclues ;
- L'implantation des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales est conforme à l'annexe C du NF DTU 20.12 et DTU 60.11 P3 ;
- La résistance au vent des complexes d'étanchéité est celle indiquée dans leur Document Technique d'Application ;
- La résistance thermique de l'isolation support d'étanchéité ou de l'isolation inversée doit être supérieure ou égale :
  - En climat de plaine, hors zone très froide, à deux fois la résistance thermique du plancher SYLVABAT (règle des 2/3 – 1/3) ;
  - En climat de plaine, en zone très froide, à trois fois la résistance thermique du plancher SYLVABAT (règle des 3/4 – 1/4).

La résistance thermique du plancher SYLVABAT (calculée selon son épaisseur avec  $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$ ) est celle de la dalle béton et du renformis le cas échéant, c'est-à-dire :  $R = \frac{e_{dalle}}{\lambda_{béton}} + \frac{e_{renformis}}{\lambda_{renformis}}$ .

## 2.6.2. Domaine d'emploi

Le procédé SYLVABAT® est employé en France métropolitaine en climat de plaine. Le procédé SYLVABAT® est utilisable pour la réalisation de toitures-terrasses conformes au NF DTU 43.1 de pente 0% à 5% pour les utilisations listées ci-dessous :

- Toiture terrasse inaccessible, technique ou à zone techniques en systèmes apparent ou sous protection meuble y compris chemin de circulation ;
- Toiture terrasse inaccessibles avec procédés d'étanchéité avec modules photovoltaïque souples bénéficiant d'un Avis Technique en cours de validité ;
- Toiture terrasse accessible aux piétons et au séjour avec dalles sur plots ;
- Toiture terrasse végétalisée extensive ou semi-intensive selon l'Avis technique du système de végétalisation, avec une épaisseur de substrat limitée à 30 cm ;
- Toiture terrasse inaccessibles à rétention temporaire des eaux pluviales, sous protection meuble.

## 2.6.3. Relief et Relevé

Les relevés sont réalisés conformément aux dispositions du DTA du revêtement d'étanchéité.

L'équerre pare-vapeur est relevée suffisamment pour permettre un recouvrement avec le relevé du revêtement d'étanchéité d'au moins 6 cm au-dessus du niveau fini de l'isolant.

Le relevé est muni en tête d'un dispositif d'écartement des eaux de ruissellement conformément au DTU 43.1. Les relevés d'étanchéité peuvent être mis en œuvre :

- Lorsque les façades sont en béton, sur :
  - Un relief en béton armé solidaire du plancher conformément au DTU 20.12 + A2 ;
  - Une costière métallique, dans la limite d'application du NF DTU 20.12 + A2 (contre des éléments de façade librement dilatables, uniquement en toitures inaccessibles ; fixée mécaniquement dans la dalle béton collaborante d'épaisseur minimale de 80 mm, en respectant la profondeur minimale d'ancrage de la fixation) ;
- Lorsque les façades sont en COB ou CLT, sur costières bois CLT sous DTA ou en panneau à base de bois conformément au NF DTU 43.4 (fixée mécaniquement dans l'élément porteur en bois sur un élément rigide). Leur hauteur est fonction de leur épaisseur. Lorsque les costières présentent une hauteur supérieure ou égale à 0,30 m au-dessus du niveau des appuis, il y a lieu de prévoir un élément d'appui continu en tête ou tout autre dispositif d'ossature permettant de les fixer.

Seuls les reliefs en béton conforme au NF DTU 20.12 + A2 sont admis en toitures inaccessibles avec rétention des eaux pluviales.

Ci-dessous tableau des préconisations de traitement des reliefs selon les domaines d'emploi :

Destinations de toitures	Relief béton conforme NF DTU 20.12 + A2	Relief béton avec costières métallique lorsque admise par le NF DTU 20.12 + A2	Relief avec costières bois CLT sous DTA	Relief paroi COB avec panneaux de contreplaqués marqués NF Extérieur CTB-X
Inaccessibles sans rétention des eaux pluviales	OUI	OUI	OUI	OUI
Inaccessibles avec rétention des eaux pluviales	OUI			
Techniques ou à zone technique	OUI	OUI	OUI	OUI
Avec végétalisation extensive	OUI		OUI	OUI
Accessible dalles sur plots	OUI			OUI
Végétalisation semi intensive	OUI		OUI	OUI

## 2.6.4. Matériaux

### 2.6.4.1. Pare vapeur

Sont admises les feuilles bitumineuses soudées conformes au NF DTU 43.1 ou définies dans les Documents Techniques d'Application des revêtements d'étanchéité.

Le pare-vapeur est relevé aux acrotères et aux points singuliers, selon les prescriptions de son DTA, jusqu'au revêtement d'étanchéité bicouche, en respectant un recouvrement de 6 cm au-dessus du niveau fini de l'isolant.

### 2.6.4.2. Isolant

Sont admis les panneaux isolants thermiques faisant l'objet d'un DTA dans le cas d'un revêtement apparent ou d'un procédé d'isolation mixte ou conformes aux Règles Professionnelles « Isolant supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de Juillet 2021 ou « Isolation inversée de toiture-terrasse » de Juin 2021 pour les isolants inversés et certifiés ACERMI pour cet usage, pour l'emploi sur éléments porteurs en maçonnerie pour la destination considérée et qu'ils soient installés conformément à leur DTA ou aux Règles Professionnelles.

Les panneaux isolants fixés mécaniquement sont exclus.

### 2.6.4.3. Revêtement d'étanchéité

Sont admis les revêtements d'étanchéité bicouches en bitume modifié faisant l'objet d'un DTA pour l'emploi sur éléments porteur en maçonnerie en pente nulle pour la destination considérée. Les prescriptions particulières des DTA du revêtement d'étanchéité en pente nulle s'appliquent.

Les revêtements d'étanchéité fixés mécaniquement sont exclus.

### 2.6.4.4. Protection rapportée de l'étanchéité

Sont admises les protections correspondant aux destinations admises pour les terrasses conformes au NF DTU 43.1, au DTA des revêtements d'étanchéité, aux Règles Professionnelles « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de Juillet 2021, aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture terrasse » de Juin 2021 et aux Avis Techniques des systèmes de végétalisation, selon la destination visée. La protection est réalisée conformément aux dispositions du NF DTU 43.1.

#### 2.6.4.4.1. Protection meuble pour toitures inaccessibles

Elle est constituée de 4 cm de granulats minimum. Elle est obligatoire :

- Sur revêtement indépendant ;
- Pour les terrasses inaccessibles à rétention temporaire des eaux pluviales.

#### 2.6.4.4.2. Protection dure pour terrasses techniques sur couche de désolidarisation

La protection dure est réalisée conformément aux dispositions des NF DTU 43.1 et NF DTU 20.12.

#### 2.6.4.4.3. Protection par dalles sur plots

Les prescriptions du NF DTU 43.1 en matière de plots, de dalles et de mise en œuvre s'appliquent.

#### 2.6.4.4.4. Protection pour toitures terrasses végétalisées

La protection du revêtement d'étanchéité peut être réalisée par une végétalisation (extensive ou semi-intensive) prévue à cet effet conformément à son Avis Technique en vigueur, avec une épaisseur de substrat limitée à 30 cm.

Les prescriptions de l'Avis Technique du procédé de végétalisation et du DTA du revêtement d'étanchéité s'appliquent.

## 2.6.5. Dimensionnement

### 2.6.5.1. Généralité concernant les toitures terrasses à pente nulle

Une étude réalisée par MAINDRON STRUCTURE SAS sur différentes configurations (différentes portées de poutres notamment) a montré une convergence rapide dans les calculs itératifs d'accumulation pour la pente nulle. La faible sensibilité des planchers mixtes aux amplifications des flèches sous phénomènes d'accumulation est due au poids propre non négligeables des complexes de plancher.

Le critère de fléchissement final dû à toutes les charges du 1/350 de la portée ce surdimensionnement ELS impose une inertie des poutres dimensionnantes devant le critère accidentel de l'accumulation d'eau.

Le dimensionnement doit tenir compte des spécificités du DTU 20.12 soit le rajout d'une charge permanente correspondant au poids forfaitaire pour la stagnation de l'eau pluviale, soit la charge correspondant à la hauteur de 0.7 fois la déformée maximum sous charges permanentes à long terme.

Le reste du dimensionnement est identique au dimensionnement pour des planchers autres que toitures-terrasses à pente nulle.

### 2.6.5.2. Cas particulier des toitures terrasses végétalisées

#### 2.6.5.2.1. Toitures terrasse végétalisée

Il est nécessaire de tenir compte :

- Des charges d'eau en fonction de la Capacité Maximale en Eau (CME selon l'Avis Technique du procédé de végétalisation) ;
- Charge permanente forfaitaire de 15 daN/m<sup>2</sup> pour tenir compte du risque d'accumulation d'eau et de la charge de végétalisation.

Enfin, en référence aux Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées et lorsque la pente est inférieure à 5 % sur plan, il n'est pas nécessaire de prendre en compte la charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m<sup>2</sup> pour le dimensionnement du plancher, puisque le fluage est pris en compte dans son dimensionnement.

### 2.6.5.3. Cas particulier des toitures terrasses à rétention temporaire des eaux pluviales

Il est nécessaire de tenir compte de la charge liée à la rétention provisoire des eaux pluviales : la charge à considérer est la charge permanente maximale entre celle du NF DTU 43.1 §9.4.1 (70 daN/m<sup>2</sup>) et celle du projet en particulier si plus pénalisante.

Le risque d'amplification de la charge ne doit pas être prise en compte.

### 2.6.5.4. Cas de toiture froide

Dans le cas de toitures froides (ventilées non isolées uniquement en bâtiment ouvert), les planchers seront dimensionnés en tenant compte des actions thermiques agissant sur la toiture, calculées selon l'Eurocode 1 partie 1-5 (NF EN 1991-1-5) et son AN (NF EN 1991-1-5/NA).

## 2.6.6. Gestion des eaux pluviales

### 2.6.6.1. Evacuation d'Eaux Pluviales (EEP)

Les Entrées d'Eau Pluviale verticales doivent traverser la dalle béton collaborante entre les poutres bois. Pour cela, il faut prévoir une réservation, par le lot Gros Œuvre, dans la dalle avant coulage. L'implantation de cette réservation doit être intégrée en phase EXE de façon à anticiper les dimensionnements et l'enrobage des connecteurs.

L'implantation des dispositifs d'évacuations des eaux pluviales est conforme à l'annexe C du NF DTU 20.12 et au NF DTU 60.11 P3.

Toutes les Entrées d'Eaux Pluviales se connectent à une Descente d'Eaux Pluviales (DEP) suivant les préconisations du NF DTU 43.1. Les entrées d'eau pluviale sont reliées à l'étanchéité par un manchon conformément au NF DTU 43.1.

Dans le cas des toitures destinées à la rétention temporaire des eaux pluviales, l'implantation des évacuations déversoir est conforme au NF DTU 43.1 paragraphe 9.4.4.2. Leur niveau est situé à 0,05 m au-dessus de la couche de protection meuble.

### 2.6.6.2. Trop-plein

Les trop pleins sont obligatoires selon le DTU 20.12 §4.4 :

- Dans le cas d'une descente unique ;
- Si l'eau accumulée du fait de l'engorgement d'une descente ne peut s'écouler vers une autre descente ;
- Si la charge d'eau résultant de l'engorgement d'une descente est telle que la stabilité de l'ossature ou des éléments porteurs peut être compromise.

L'implantation des trop-pleins est conforme au NF DTU 43.1 paragraphe 8.6.1 et NF DTU 20.12 paragraphe C4.4.

Dans le cas des toitures destinées à la rétention temporaire des eaux pluviales, l'implantation des trop-pleins est conforme au NF DTU 43.1 paragraphe 9.4.4.4. Leur niveau est situé à 0,10 m au-dessus de la couche de protection meuble.

## 2.6.7. Joint de dilatation

Les joints de dilatation sont exécutés sur costières en béton conformément aux dispositions des NF DTU 20.12 et NF DTU 43.1. Le raccord des revêtements d'étanchéité se fait suivant les recommandations des NF DTU 20.1 et 43.1 et des DTA des dispositifs de joint de dilatation prévu pour cet usage.

## 2.6.8. Mise en œuvre

La dalle béton SYLVABAT® doit respecter le délai de prise de 28 jours minimum et doit être propre lors de la mise en œuvre du complexe d'étanchéité

Lorsque le revêtement d'étanchéité est posé en adhérence ou lorsque le pare-vapeur est adhérent sur plancher dont le fond de coffrage est en prédalle béton ou en panneaux à base de bois, un contrôle de la siccité de l'élément porteur SYLVABAT® est à prévoir. Ce contrôle s'effectue par trois mesures par tranches de 500 m<sup>2</sup> avec au moins trois mesures par chantier. Le taux d'humidité mesuré à la bombe à carbure conformément au NF DTU 53-2 doit être inférieur ou égal à 4,5% en poids.

Le lot Structure, charpente, ou Gros œuvre doit :

- La construction du support ou de l'élément porteur de partie courante du système d'étanchéité ;
- L'exécution des points singuliers nécessaires au système d'étanchéité (par exemple les acrotères, costières, joints de dilatation) ;
- La réalisation, dans le plancher, des réservations nécessaires au système d'étanchéité, comme par exemple :
  - Lanterneaux ou bandes éclairantes ou voûtes d'éclairage ;
  - Sorties de crosse ;
  - Pénétrations diverses et variées ;
  - Entrées d'eaux pluviales (EEP).

Le lot Étanchéité doit :

- Assure la mise en œuvre du système d'étanchéité, pare-vapeur et support isolant éventuels, revêtement d'étanchéité, protection éventuelle (incluant la protection végétalisée), au-dessus du support ;
- Vérifie les réservations nécessaires au système d'étanchéité prévues par le maître d'œuvre.

L'assistance technique s'effectue conformément aux dispositions indiquées dans le Document Technique d'Application des panneaux isolants et du revêtement d'étanchéité, et de l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

---

## 2.7. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

---

### 2.7.1. Fabrication des connecteurs SYLVABAT®

La fabrication des connecteurs est réalisée dans les entreprises CHAPUS SERRURIE METALLERIE, La Piche, 38430 MOIRANS et CANTIN, ZI La Folie Nord, allée de la Sauzaie, 85310 LA CHAIZE LE VICOMTE.

Le suivi de production est explicité en Annexe du Dossier Technique avec la mise en place d'un contrôle interne contrôle sur le type d'acier et les dimensions des connecteurs.

---

## 2.8. Assistance technique

---

MAINDRON STRUCTURES SAS réalise exclusivement la conception et le calcul du procédé SYLVABAT®.

La mise en œuvre est effectuée exclusivement par le personnel de la société MAINDRON STRUCTURES SAS ou sous son contrôle par une entreprise tierce. Le titulaire du présent Avis Technique doit être en mesure de fournir une assistance technique au niveau du dimensionnement et de la mise en œuvre finale du procédé de plancher SYLVABAT®.

---

## 2.9. Résultats expérimentaux

---

Plusieurs campagnes d'essais ont été menées depuis 1987 afin de déterminer le comportement de ce type de plancher en regard des différents types d'exigences :

### Essais mécaniques :

*CSTB /Oct-Déc 87/n° 26 084*

- Flexion instantanée en travée isostatique ;
- Cisaillement des connecteurs ;
- Flexion sous charges de longue durée en travée isostatique.

*CUST/ mai 2001/ Etude N°2001.04*

- Comportement dynamique de la connexion bois-béton du système PARIS-OUEST : essais en cisaillement longitudinal et transversal des connecteurs de diamètre 50 mm, sous sollicitations statiques et cycliques alternées et essais de planchers sous sollicitations cycliques ondulées.

*I2M Talence / Novembre 2014 /*

- Essais mécaniques statiques complémentaires de type « Push-Out » sur éprouvettes : essais en cisaillement longitudinal des connecteurs de diamètre 30 et 50 mm avec cas de platelage continu et non continu sur la face supérieure des solives.

*CSTB PV88.27782/Mars 1989 / Efectis EFR-17-003081 / Mai 2018 – révision 1*

- CSTB : Classement au feu par essai d'un plancher, conformément aux dispositions de l'arrêté du 21 avril 1983 et du protocole d'application approuvé par le CECMI le 17 octobre 1984
- Efectis : Vérification de la stabilité au feu d'un procédé de dalle béton partiellement connectée à une solive bois.

*GeM/ novembre 2022/ n°AVALIO2830*

- Essais de traction des connecteurs côté béton.

*Esb/septembre 2023/n° ESB23653*

- Essais de traction des connecteurs côté bois.
- 

## 2.10. Références

---

### C1. Données Environnementales<sup>1</sup>

Le procédé SYLVABAT® 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

Depuis le début des années 1990, plus de 1000 chantiers, d'ouvrages neufs ou en réhabilitation, ont été réalisés en utilisant la technique du plancher mixte bois béton SYLVABAT®. Cela équivaut à une surface d'environ 500.000 m<sup>2</sup>, et pour des types de bâtiments variés (ERP, logements individuels ou collectifs, tertiaire, monuments historiques, toitures terrasses...).

Parmi les références, on peut citer :

#### Ouvrages Neufs :

- NUDGE Logement, Paris (75), 5980 m<sup>2</sup>
- Collège, Valenton (94) , 1950 m<sup>2</sup>
- Collège des 6 vallées, Bourg d'Oisan (38) , 268 m<sup>2</sup>
- Parc à engin, bureaux, Azye (74) , 330 m<sup>2</sup>
- Ecole du bois, Cormaranche (01), 200 m<sup>2</sup>
- Siege et atelier, bureaux, Chorges (05) 475 m<sup>2</sup>
- Lycée Beltrame, Meyzieux (69), 1825 m<sup>2</sup>
- Collège Dargeles, Longvic (21), 1536 m<sup>2</sup>
- Groupe scolaire Debelle, Voreppe (38), 301 m<sup>2</sup>
- Pôle senior, St etienne de Montluc (44), 92 m<sup>2</sup>
- Groupe scolaire Marius Berliet, Saint Priest (69), 165 m<sup>2</sup>
- SCI Mantes la Joli ilot 16, Mantes la Jolie (78), 3270 m<sup>2</sup>
- Show Room GMI, Haute Goulaine (44), 250 m<sup>2</sup>
- Appartements, Dingy en Vuache (74), 195 m<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet avis.

- Groupe scolaire du Fort, Feyzin (69), 481 m<sup>2</sup>

#### **Réhabilitation :**

- 21 Rue de Bruxelles, Paris (75), 440m<sup>2</sup>
- Hôtel des Ambassadeurs de Hollande 47, rue Veille du Temple - Paris (75), 320 m<sup>2</sup>
- Résidence Ste Marthe, Périgueux (24), 2084 m<sup>2</sup>
- Logement, St Etienne (42), 424 m<sup>2</sup>
- Château de l'ermitage, Gradignan (33), 300 m<sup>2</sup>
- 18 Rue de Provence, Paris (75), 200 m<sup>2</sup>
- Magasin Lissac, Paris (75), 82 m<sup>2</sup>
- Logement, Montsoreau (49), 32 m<sup>2</sup>
- Habitation, Tourcoing (59), 210 m<sup>2</sup>
- Logement, Camps la source (83), 128 m<sup>2</sup>
- 7 Rue Helder, Paris (75), 345 m<sup>2</sup>
- Hotel Mercure Opera, Paris (75), 165 m<sup>2</sup>
- 3 Rue Rossini, Paris (75), 635 m<sup>2</sup>
- 91-93 Rue de Richelieu, Paris (75), 640 m<sup>2</sup>
- 31-33 Rue des Jeuneurs, Paris (75), 3600 m<sup>2</sup>
- Ancienne Poste Saint Antoine l'Abbaye (38) 130 m<sup>2</sup>
- Réhabilitation Hôtel Plaza Nice (06), 4500 m<sup>2</sup>

#### **Monument Historique :**

- Théâtre, Tarrascon (13), 50 m<sup>2</sup>
- Château, Pommard (21), 300 m<sup>2</sup>
- Fort de Nogent Fontenay Sous-Bois (94) 1460 ml de poutre

#### **Toitures-Terrasses :**

- Siege et atelier, bureaux, Chorges (05) 335 m<sup>2</sup>
- Groupe scolaire Debelle, Voreppe (38), 579 m<sup>2</sup>
- Collège Belcier, Bordeaux (33), 1100 m<sup>2</sup>
- Collège Dargeles, Longvic (21), 1536 m<sup>2</sup>

#### **TOITURE PENTE < 3.5%**

- Collège Lallemand, Pouilly en Auxois (21), 75 m<sup>2</sup>
- Collège Dargeles, Longvic (21), 98 m<sup>2</sup>

---

## **2.11. Figures du dossier technique**

---

### **2.11.1. Liste des figures**

- Coupes types sur solives
- Coupes types sur poutres maitresses
- Détails types pour liaison sur murs maçonnés avec efforts horizontaux
- Détails types pour liaison sur MOB
- Détails types pour liaison sur murs maçonnés sans efforts horizontaux
- Détails types sur trémies avec enchevêtreure
- Détails types sur réservations
- Détails types pour liaison sur CLT avec efforts horizontaux
- Détails types pour appui intermédiaire sur porteuses bois
- Détails types toiture terrasse inaccessible mur béton, protection lourde meuble
- Détails types toiture terrasse inaccessible mur béton, protection végétalisation
- Détails types toiture terrasse inaccessible mur béton, avec rétention protection étanchéité
- Détails types toiture terrasse accessible MOB, protection dalle sur plot + Costière
- Détails types toiture terrasse inaccessible MOB, protection étanchéité + Costière
- Exemple fixation costière bois CLT
- Fiche d'autocontrôle chantier



## Coupes Types sur Solives

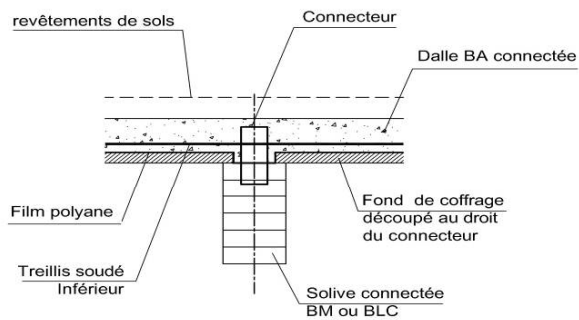


Figure 1 : Coffrage non continu

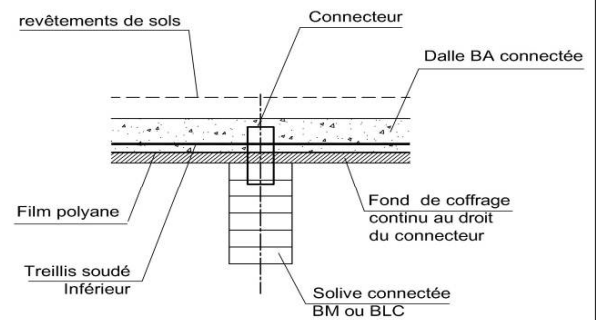


Figure 2 : Coffrage continu

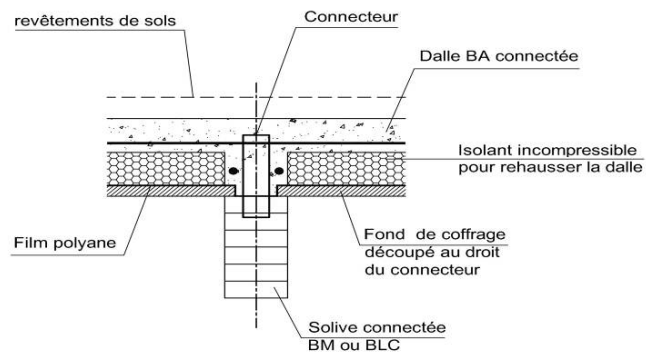


Figure 3 : Rehausse par isolant

NOTE : Dans le cas où de l'isolant incompressible est utilisé pour rehausser ou rattraper les différences d'altimétries du coffrage, il doit être disposé en hourdis entre les éléments connectés de manière à laisser une nervure béton sur toute la longueur de l'élément connecté

Figure 1 : Coupe types sur solives

## Coupes Types sur Poutres Maîtresses

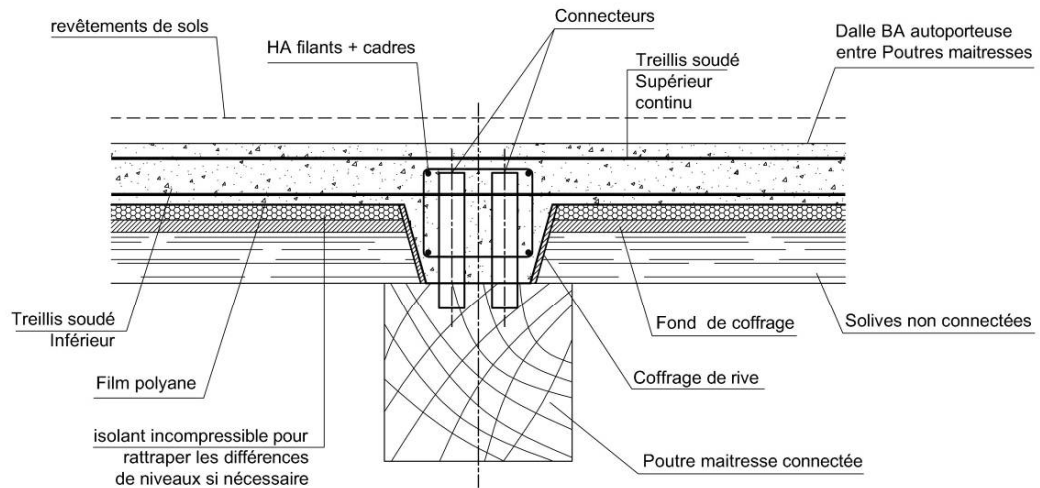


Figure 4 : Solives non porteuses

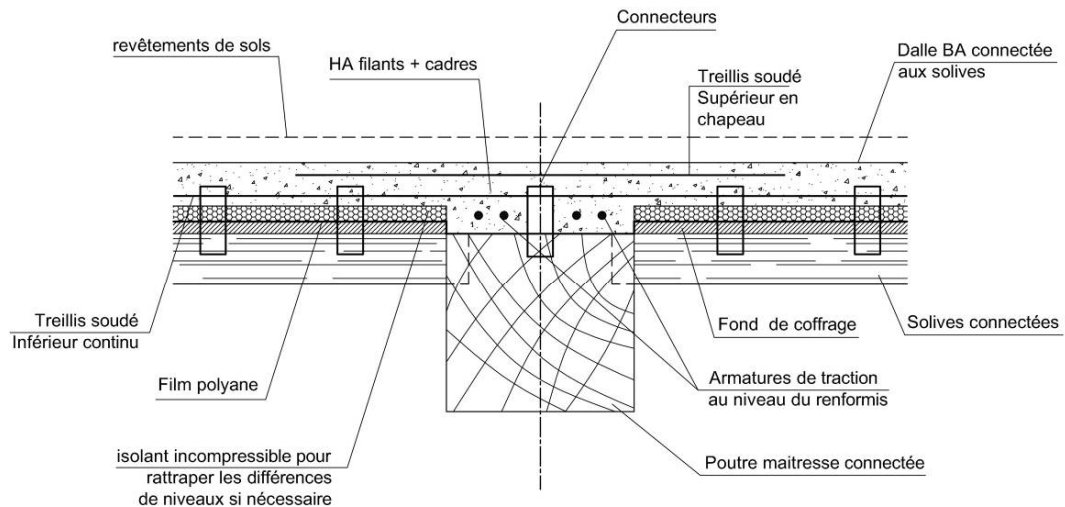
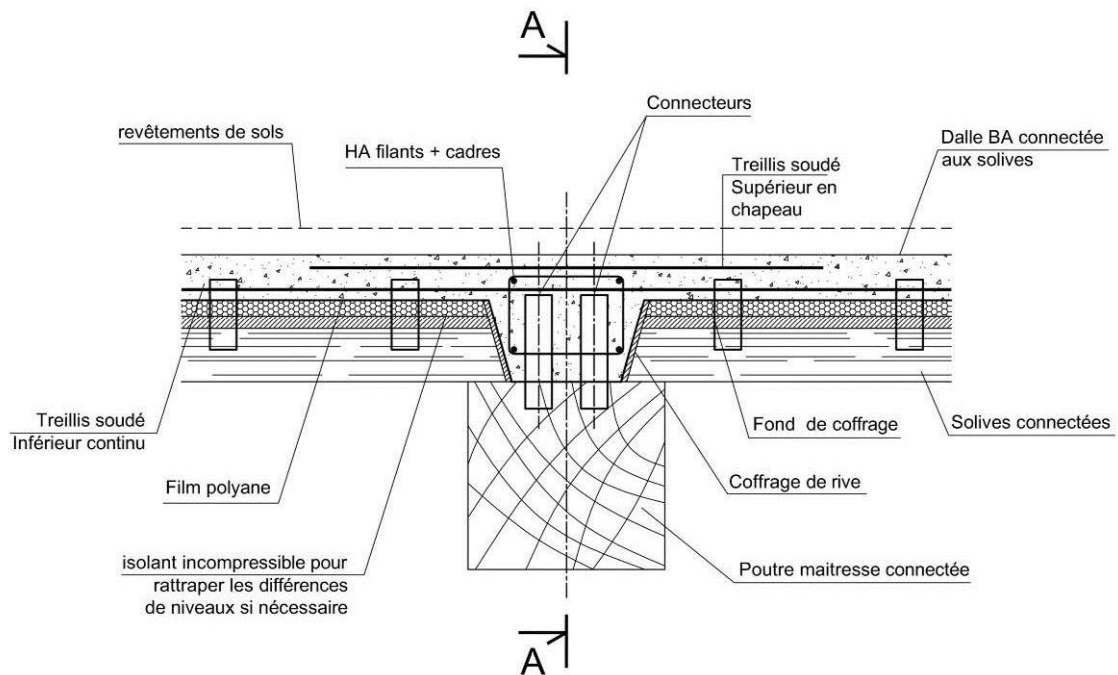


Figure 5 : Solives porteuses

NOTE : Dans le cas où de l'isolant incompressible est utilisé pour rehausser ou rattraper les différences d'altimétries du coffrage, il doit être disposé en hourdis entre les éléments connectés de manière à laisser une nervure béton sur toute la longueur de l'élément connecté

# Coupes Types sur Poutres Maîtresses



Figures 6 : Solives porteuses

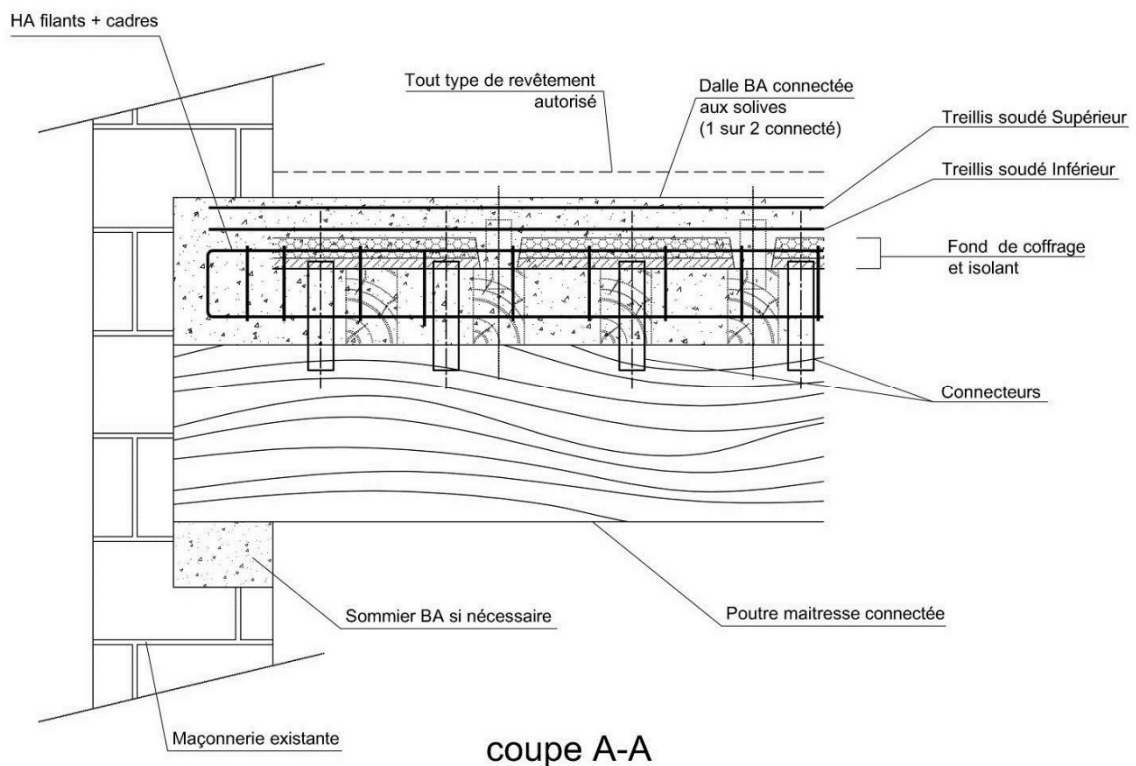
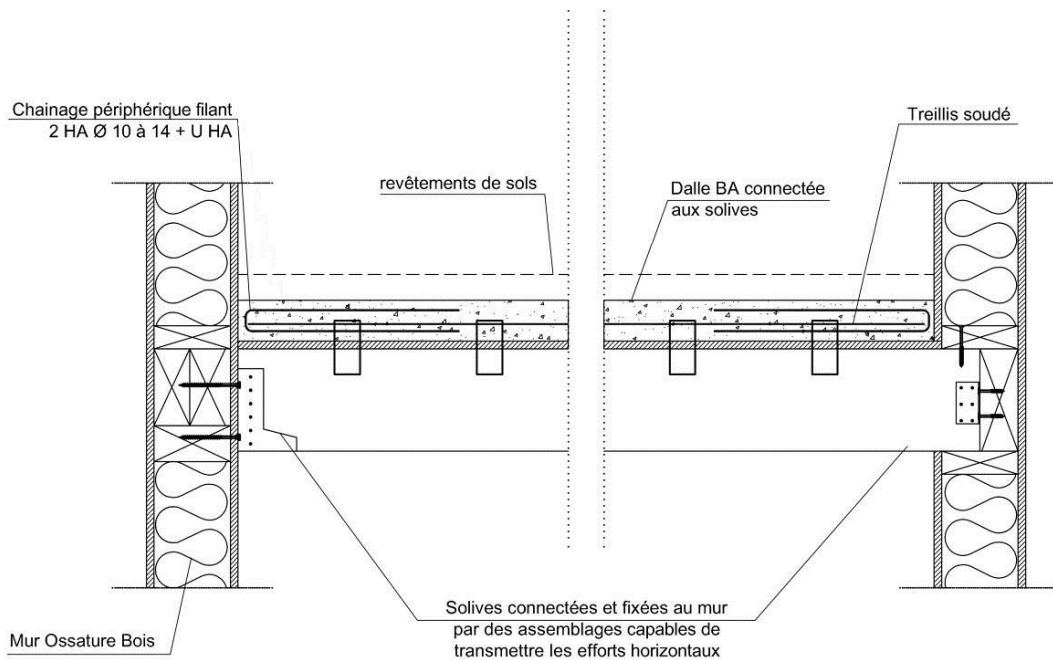
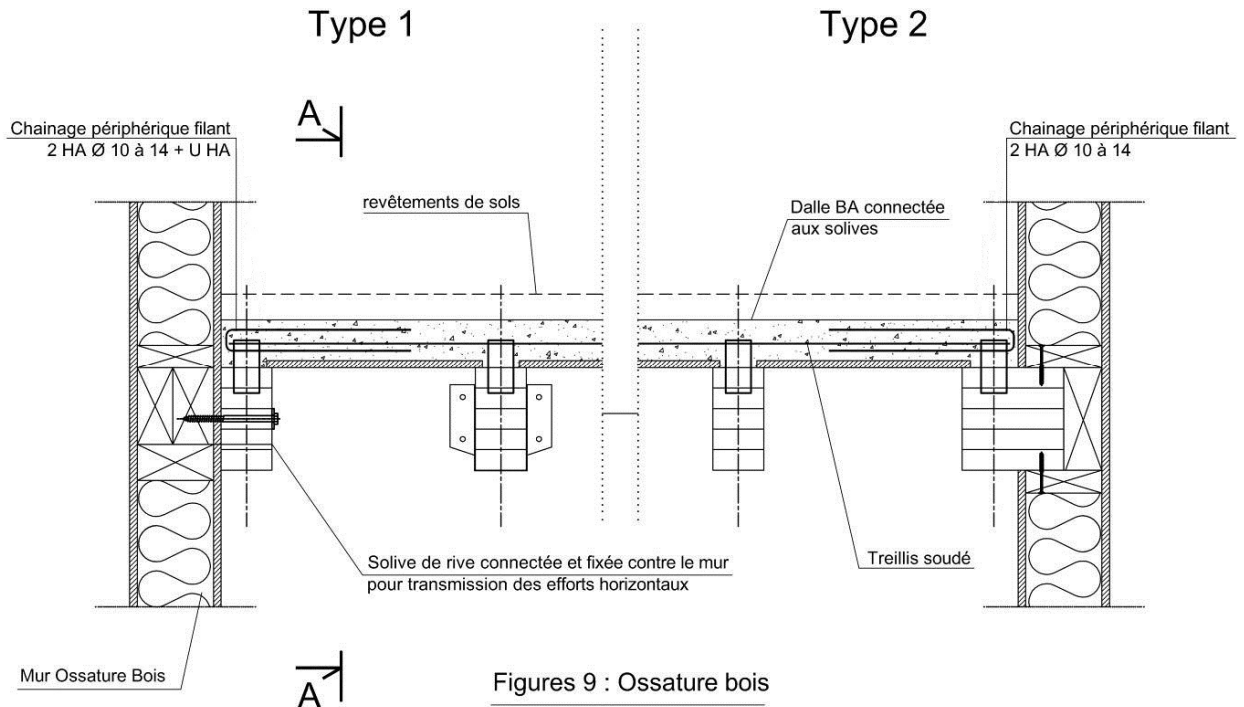


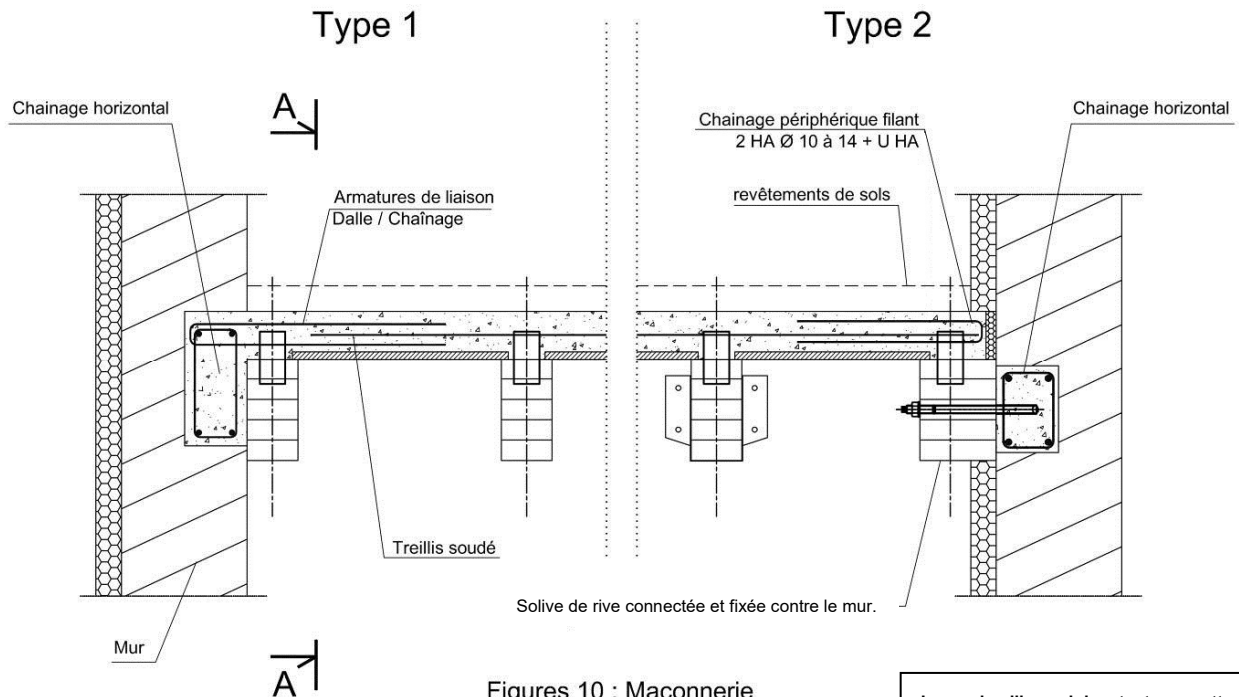
Figure 2b : Coupes types sur poutres maitresses

# Détail type pour liaisons sur murs ossature bois transmettant des efforts horizontaux



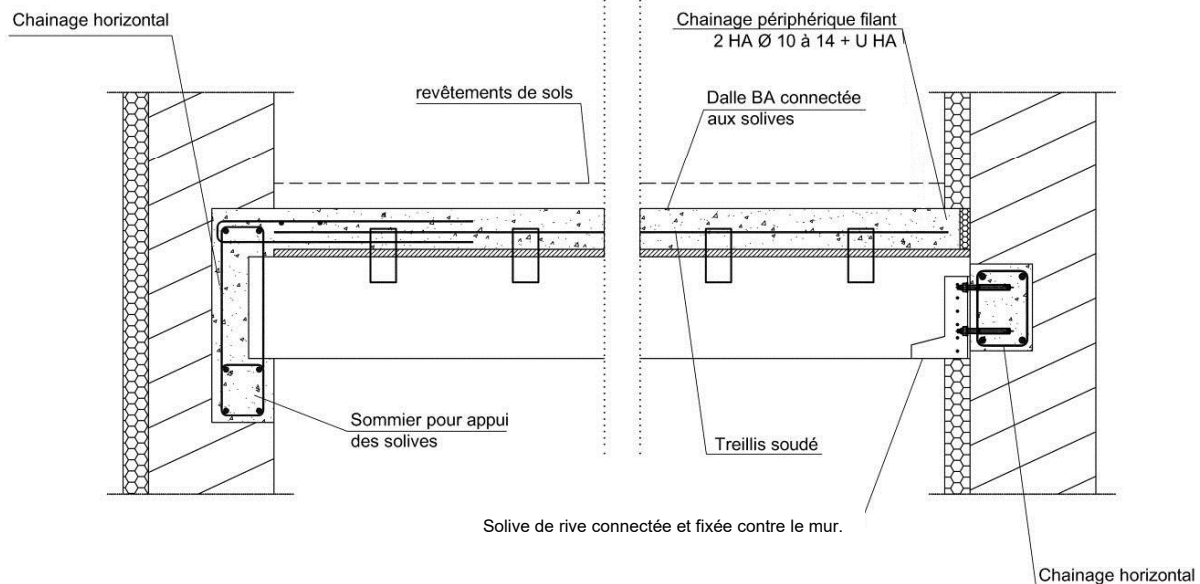
**Figure 3 : Détails type liaisons MOB transmettant efforts horizontaux**

# Détail type pour liaisons sur murs maçonnés



Figures 10 : Maçonnerie

Les chevilles doivent transmettre convenablement les efforts à l'ensemble de la structure (respect des principes de la norme NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale et des dispositions de la norme FD P18-717).



Coupe A-A

**Figure 4 : Détails type liaisons murs maçonnés transmettant efforts de la structure**

**Le type 2 ne permet pas la transmission des efforts de contreventement (les efforts de contreventement ont pour origine l'action du vent ou du séisme)**

## Détail type pour liaisons sur murs maçonnés ne transmettant pas d'efforts horizontaux

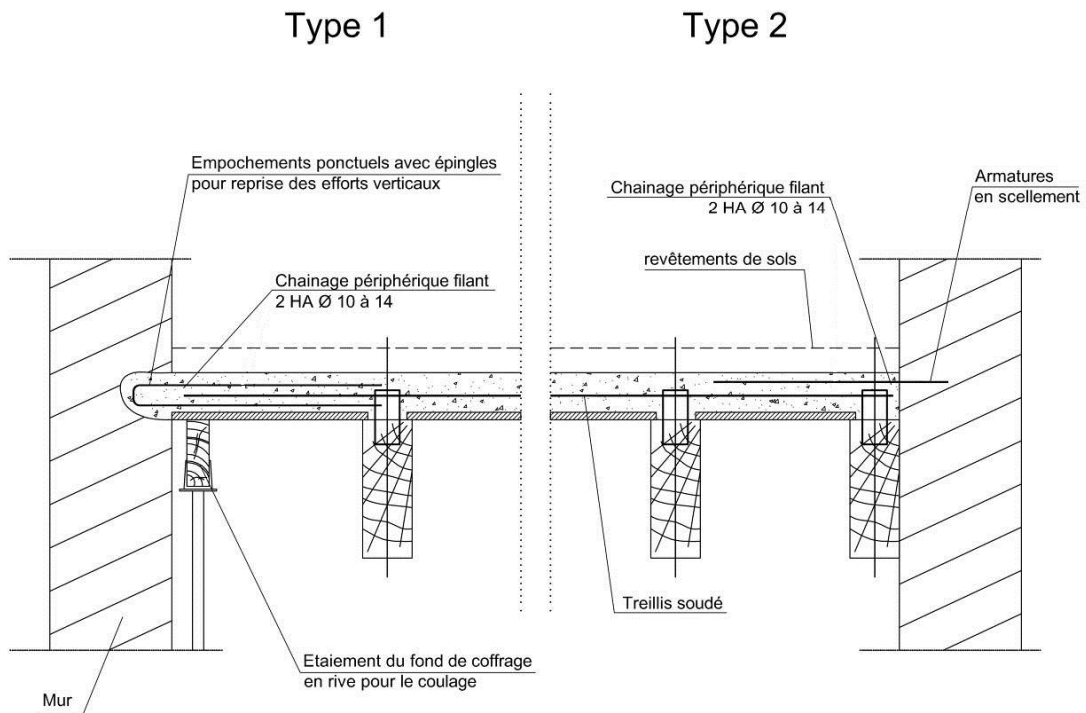
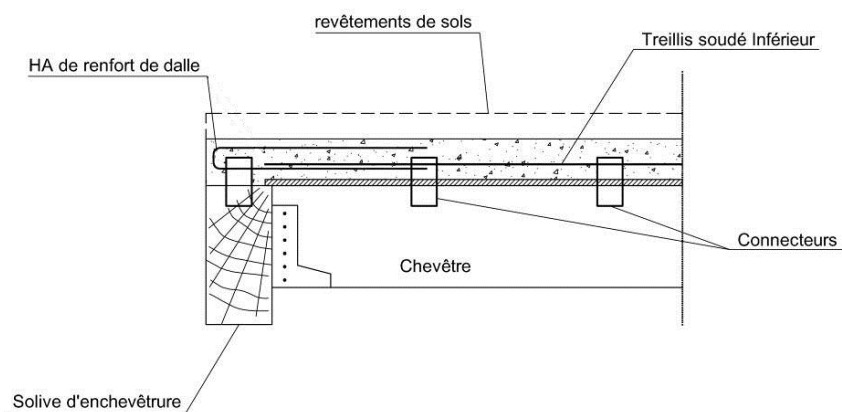
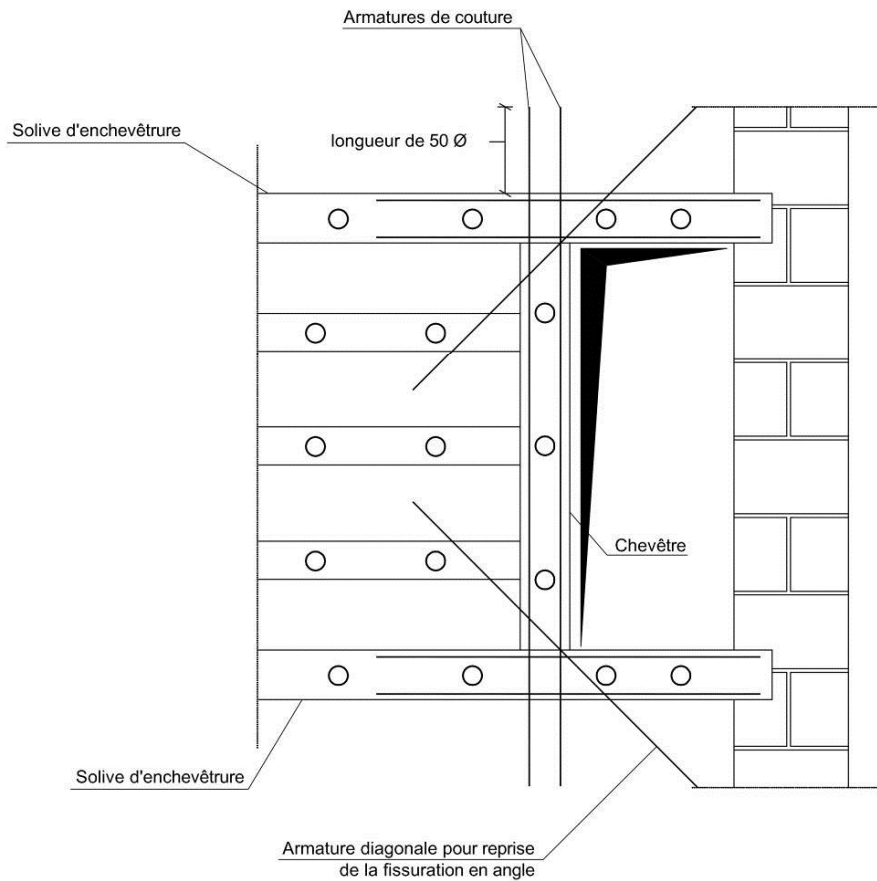


Figure 11 : Réhabilitation

**Figure 5 : Détails type liaisons murs maçonnés ne transmettant pas efforts horizontaux**  
**Le principe de Type 1 doit être filant – Les principes de Type 1 et de type de 2 peuvent être utilisés en alternance**

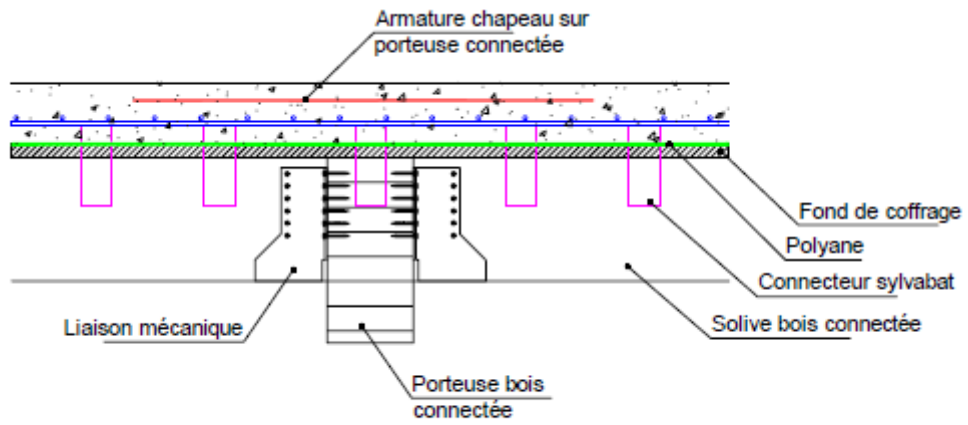
# Détail type sur trémie avec enchevêtre

Figures 7 : Chevêtres



Coupe sur Chevêtre

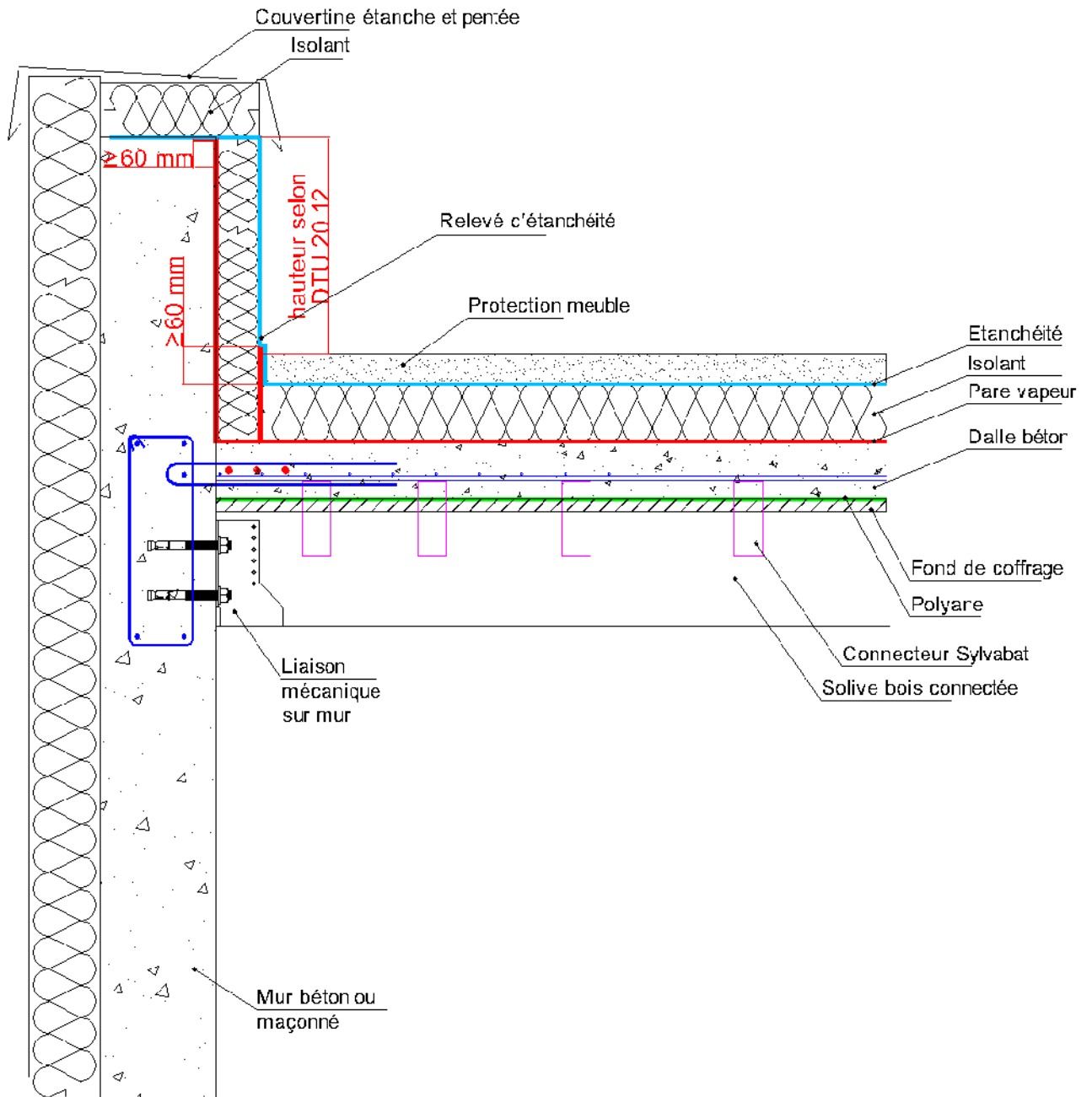
Figure 6 : Détails type sur trémie avec enchevêtrement



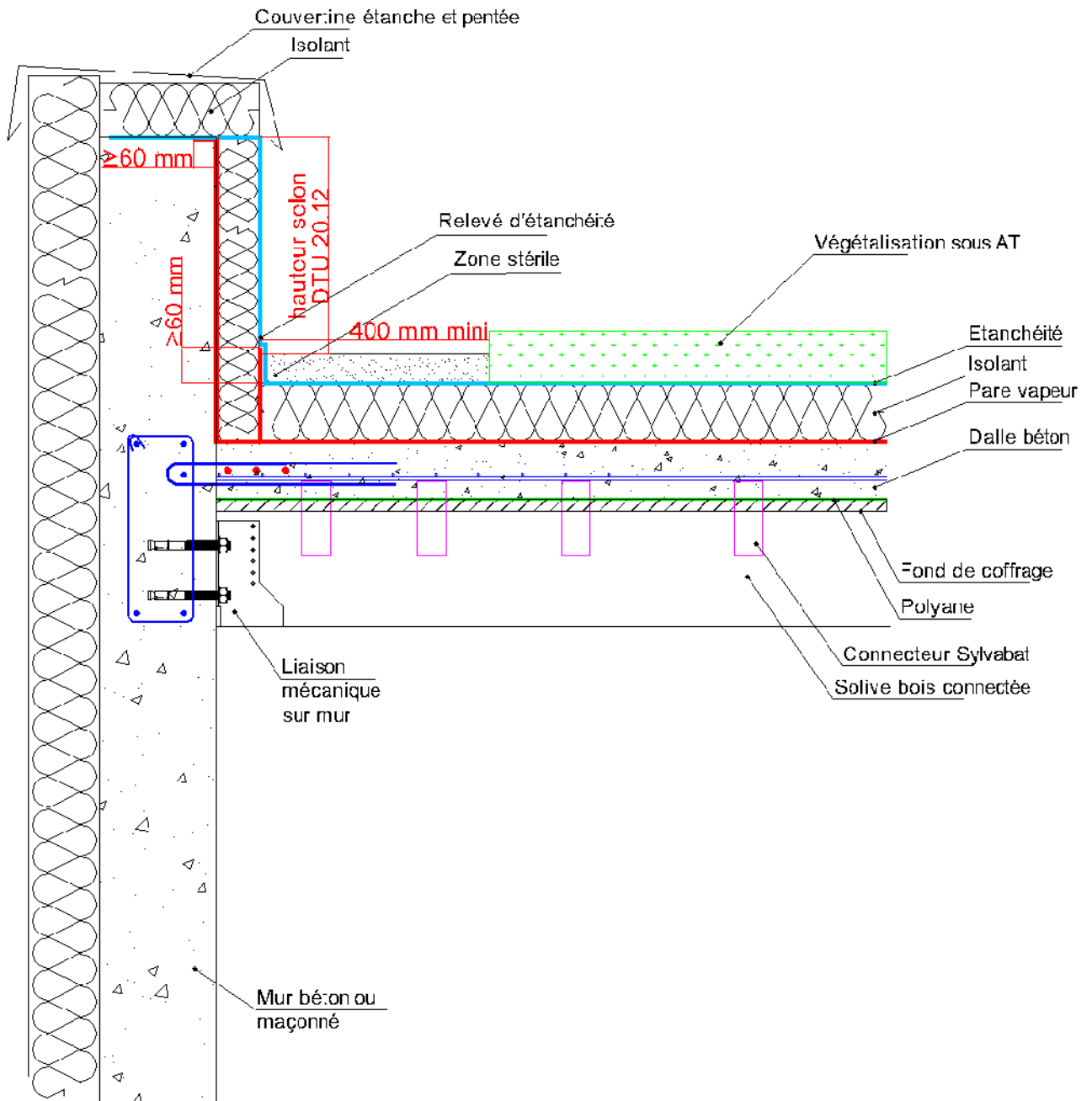
**Figure 7 : Détails type appui intermédiaire sur porteuses bois**



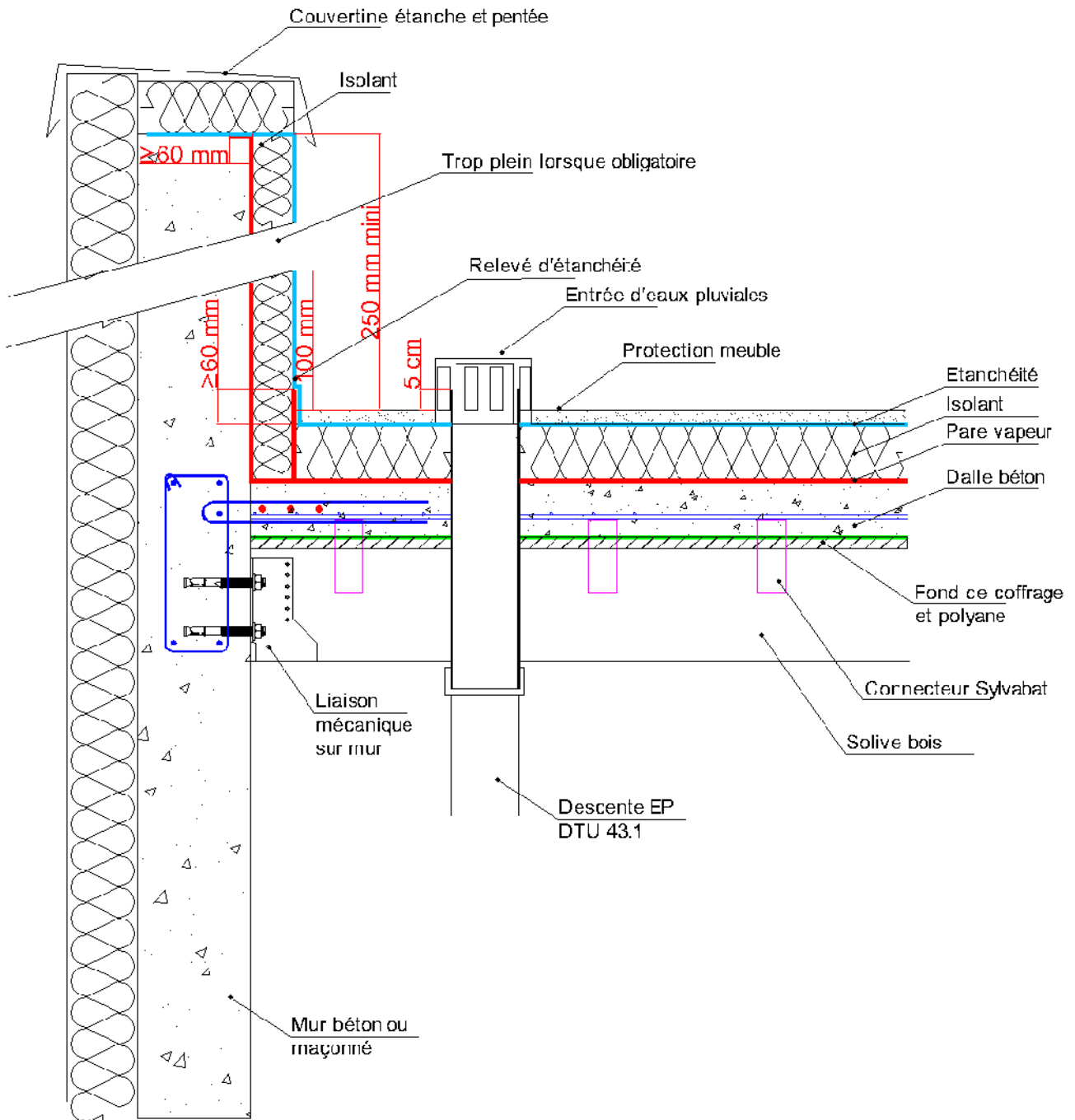
**Figure 8 :** Détail type pour toiture terrasse inaccessible protection lourde meuble relief béton



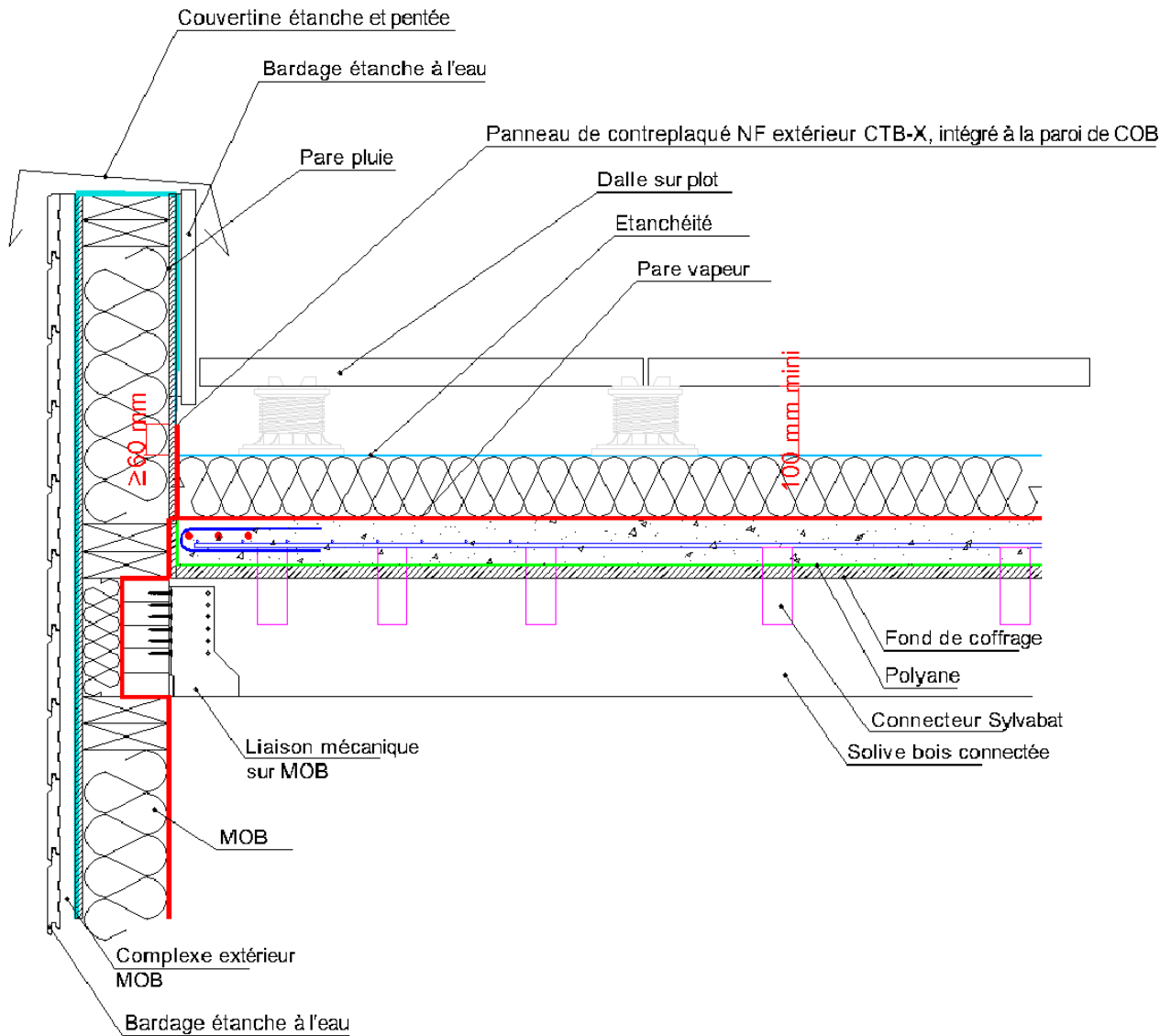
**Figure 9 :** Détail type pour toiture terrasse inaccessible végétalisation avec zone stérile relief béton



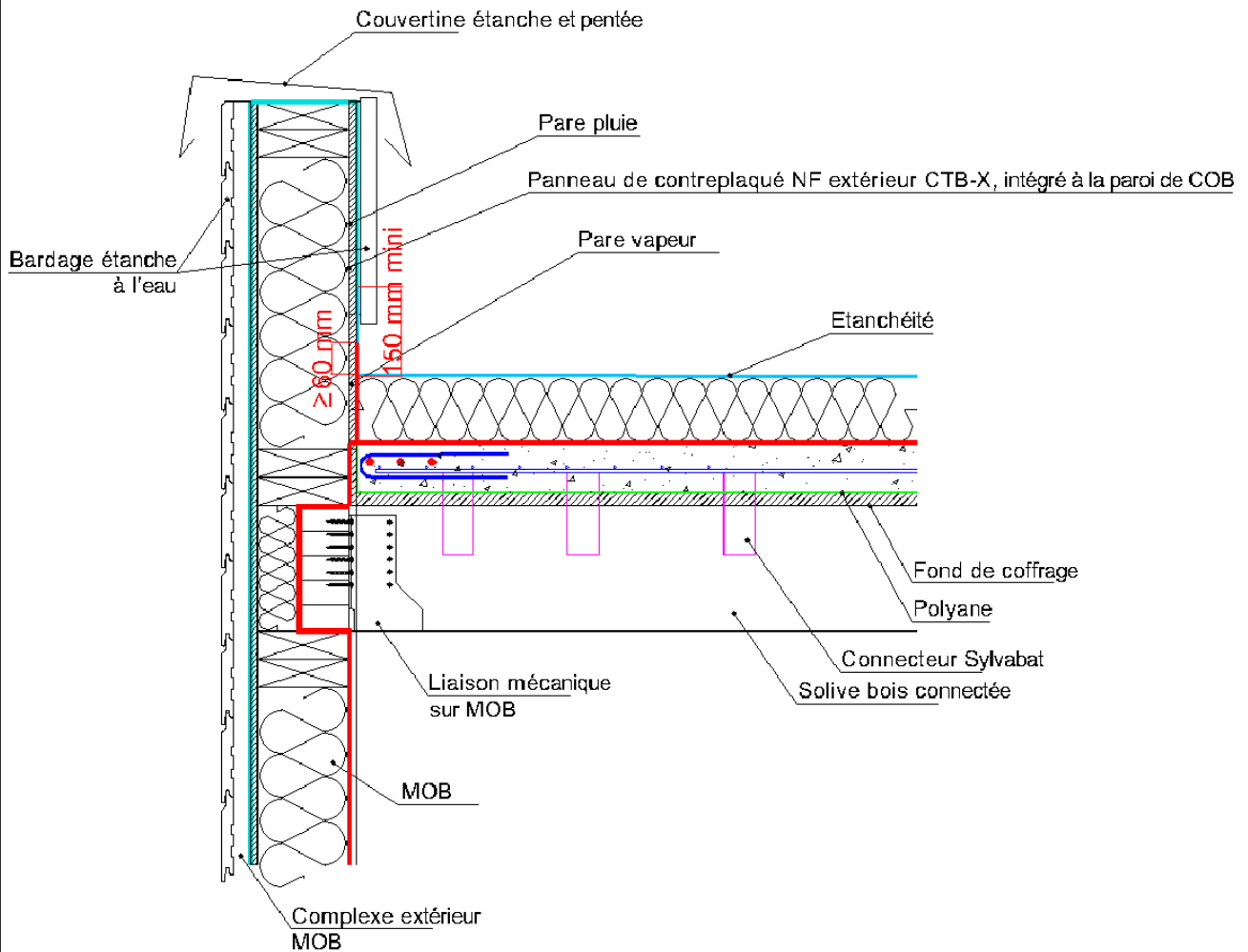
**Figure 10 :** Détail toiture terrasse inaccessible avec rétention temporaire des EP, isolant de relevé avec classe de compressibilité admissible pour l'emploi, sur relief béton



**Figure 11 : Détail type pour toiture terrasse accessible sur plot relief MOB**

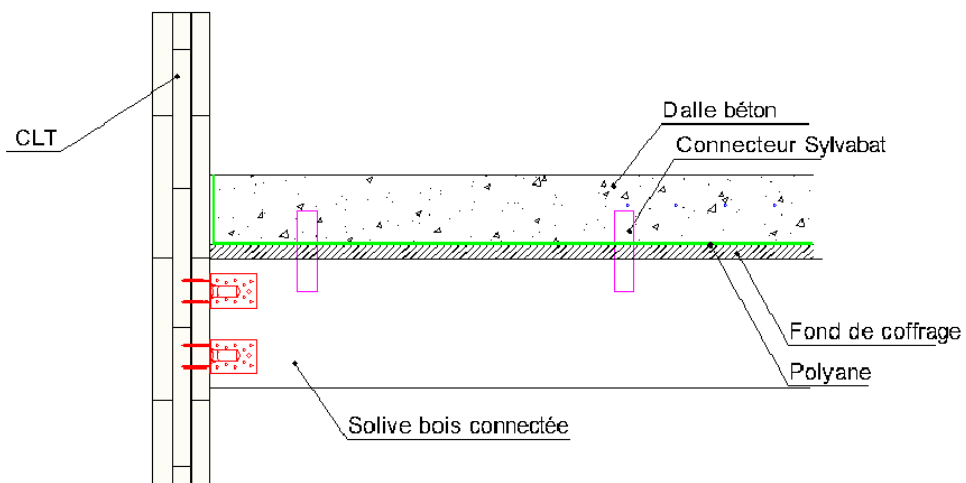
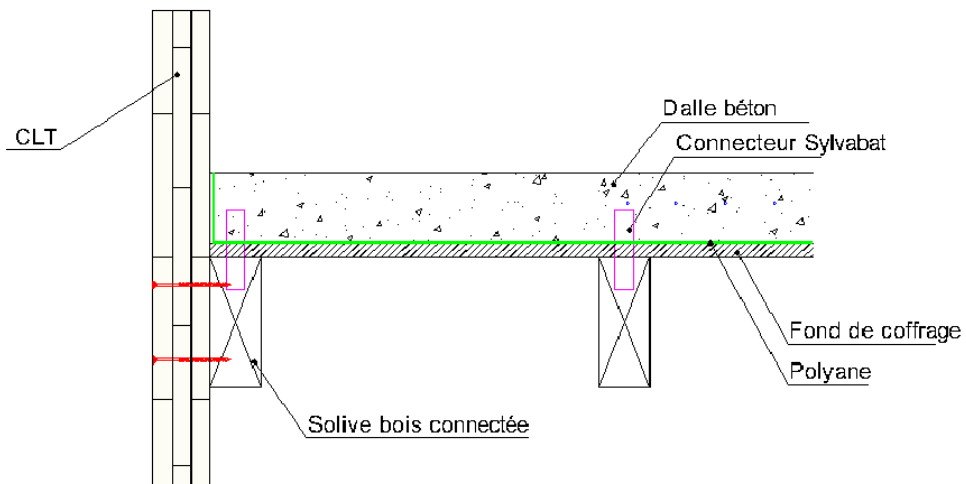


**Figure 12 :** Détail type pour toiture terrasse inaccessible avec étanchéité autoprotégée relief MOB



**Figure 13 : Fixation de la costière bois CLT**

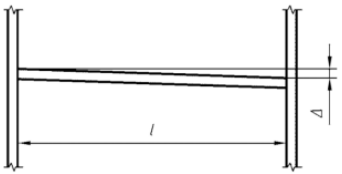
*Exemple de solutions possibles*

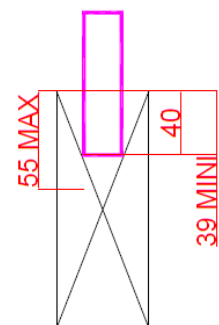




# CONNEXION BOIS-BETON PROCÉDE SYLVABAT®

VISA et Contrôle de l'exécution

<b><u>INFORMATION CHANTIER :</u></b>	
Nom du chantier :	
Adresse :	
Date début d'intervention :	Date de fin d'intervention :
<b><u>INFORMATION INTERVENANT :</u></b>	
Nom de chef d'équipe Maindron :	Nom du second Maindron :
Entreprise Charpente :	
Entreprise Maçonnerie :	
<b><u>CONTROLE PLANÉITE DU PLANCHER AVANT COULAGE :</u></b>	
Flèche au milieu de solive avant coulage :	
Ecart entre les abouts des solives bois $\leq 10$ mm :	CONFORME                      NON CONFORME
Plancher réceptionné sans réserve :	OUI                                      NON
Remarques :	
<b><u>CONTROLE PLANÉITE DU PLANCHER APRES COULAGE :</u></b>	
Ecart entre les abouts d'une dalle $\leq 10$ mm + L/500 :	
CONFORME                                      NON CONFORME	
Extrait NF EN 13670 – Annexe G :	
	<p>Écart de niveau entre les abouts d'une poutre ou d'une dalle</p> <p><math>\pm (10 + l/500)</math> mm</p>
Plancher réceptionné sans réserve :	OUI                                      NON
Remarques :	
<b><u>MISE EN ŒUVRE DES CONNECTEURS :</u></b>	
<b><u>Perçage</u></b>	
<input type="checkbox"/>	Respect de la profondeur de perçage de 40 mm dans les solives (Tolérance de +15mm/-1mm)
Remarques :	
<b><u>Enfoncement des connecteurs</u></b>	
<input type="checkbox"/>	Respect de la profondeur d'enfoncement du connecteur de 40 mm dans les solives (Tolérance de +15mm/-1mm)
Remarques :	

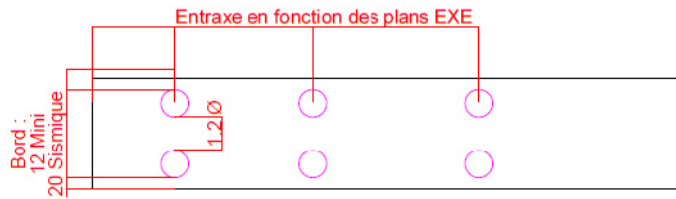




Mise en place des connecteurs

Respect du nombre et des écartements de connecteurs suivant plan d'exécution transmis

Remarques :



Mise en place du film polyane

Respect de la mise en place du polyane, du recouvrement (20 cm minimum) et de la remontée de coffrage (10 cm plus haut que la dalle)

Remarques :

CONTROLE EPAISSEUR DE LA DALLE BETON :  CONFORME  NON CONFORME

Extrait NF EN 13670 – Classe 1 :

Pour $l_f < 150 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$
$l_f = 400 \text{ mm}$	$\pm 15 \text{ mm}$

CONTROLE PLANEITE DE LA DALLE selon DTU 21 et 20.12 :  CONFORME  NON CONFORME

Extrait du DTU 21

Parements	Planéité d'ensemble rapportée à la règle de 2 m	Planéité locale – hors joints – rapportée à un réglet de 0,20 m (creux maximal sous ce réglet)
Elémentaire	Pas de spécification particulière	Pas de spécification particulière
Ordinaire	15 mm	6 mm
Courant	8 mm (7 mm*)	3 mm (2 mm*)
Soigné	5 mm	2 mm

Date :

Signature :

VISA BUREAU ETUDE MAINDRON STRUCTURES :