

Sur le procédé

D-DALLE

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

Titulaire : **Société Concepts Bois Structure**
Internet : <https://cbs-cbt.com>

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
V3	Cette version intègre la modification suivante : Dimensionnement avec prise en compte de l'effet du retrait du béton.	Etienne PRAT	Roseline BERNARDIN- EZRAN

Descripteur :

Plancher dalle mixte bois-béton associant une prédalle en bois à une dalle de béton armé connectée. La prédalle est constituée de planches décalées verticalement les unes par rapport aux autres et liaisonnées par vissage dans la partie de recouvrement. Le béton armé est coulé en œuvre et liaisonné à la prédalle bois par des connecteurs métalliques linéaires perpendiculaires à la portée.

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

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	7
1.2.3.	Impacts environnementaux	7
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	7
1.4.	Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé	8
1.4.1.	Cas Général.....	8
1.4.2.	Vérification de la flèche instantanée.....	10
1.4.3.	Vérification de la flèche finale.	10
1.4.4.	Vérification de la flèche active.....	11
2.	Dossier Technique.....	12
2.1.	Mode de commercialisation.....	12
2.1.1.	Coordonnées	12
2.2.	Description	12
2.2.1.	Principe.....	12
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	12
2.3.	Fabrication	13
2.4.	Dimensionnement	14
2.4.1.	Description des composants.....	14
2.4.2.	Principe de fonctionnement.....	14
2.4.3.	Méthode de calculs	14
2.4.4.	Calcul en phase provisoire	14
2.4.5.	Calcul en phase définitive	16
2.4.6.	Dimensionnement aux influences long terme (retrait, fluage, relaxation).....	18
2.4.7.	Dimensionnement à la flexion transversale.....	19
2.4.8.	Exemple de taux de collaboration de la D-Dalle à l'ELS.....	19
2.5.	Comportement en cas de feu	19
2.6.	Comportement acoustique du système.....	20
2.7.	Conception et détails constructifs	20
2.7.1.	Appui principal	20
2.7.2.	Appui latéral	20
2.7.3.	Appuis intermédiaires	20
2.7.4.	Joints de modules.....	20
2.7.5.	Zones locales : trémies, chevêtres.....	20
2.7.6.	Conception parasismique.....	21
2.7.7.	Cas des toitures-terrasses isolées étanchées, inaccessibles, techniques et végétalisées, en France européenne	22
2.7.8.	Toitures inaccessibles et techniques en climat de montagne	22
2.7.9.	Dispositions particulières aux toitures-terrasses accessibles aux piétons et au séjour avec dalles sur plots	22
2.7.10.	Cas de la réfection ultérieure du système d'étanchéité	23
2.7.11.	Évacuation des eaux pluviales.....	23
2.8.	Disposition de mise en œuvre	24
2.8.1.	Constructions neuves.....	24
2.8.2.	Les réhabilitations	27

2.9.	Performances thermiques.....	27
2.9.1.	Résistance thermique du plancher.....	27
2.9.2.	Exemple de calcul thermique du plancher isolé.....	27
2.10.	Assistance technique.....	28
2.11.	Mention des justificatifs.....	28
2.11.1.	Résultats Expérimentaux.....	28
2.11.2.	Références chantiers.....	28
2.12.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	29

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre II « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a 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.

1.1.2. Ouvrages visés

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

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

Le domaine d'emploi 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 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, soumis exclusivement à des charges statiques ou quasiment statiques (en comprenant par ces dernières les effets dynamiques courants dus au déplacement des personnes et des appareils légers qui ne produisent pas de vibrations). Les utilisations sous charges pouvant entraîner des chocs ou des phénomènes de fatigue n'ont pas été étudiées dans le cadre du présent Avis.

Les dispositions d'accrochages ou de suspension en sous-face du procédé D-DALLE doivent être prévues par les DPM et validées par le bureau d'études structure avec l'assistance technique du titulaire.

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 dans les conditions fixées au §2.4.1.3.

Le présent Avis Technique ne vise pas les cas suivants :

- Cloisons lourdes (masse > 250 kg/ml) parallèles au sens de portée des prédalles ;
- Prédalles adjacentes et liées, dont le rapport des portées n'est pas compris entre 0,8 et 1,20, sauf si un calcul de renfort de ferrailage dans la dalle béton est effectué et permet de reprendre les efforts induits par le rapport de portée ;
- D'une manière générale toute situation pouvant conduire à des cisaillements verticaux importants à la liaison entre deux prédalles successives.

Précisions du domaine d'emploi accepté dans le cas de l'utilisation en support d'étanchéité de toitures-terrasses et toitures inclinées (cf. §2.7.7, 2.7.8 et 2.7.9 du Dossier Technique)

Le procédé est également destiné à la réalisation des toitures isolées (toiture chaude) en travaux neufs :

- Inaccessibles avec chemins de circulation éventuels, sans rétention temporaire d'eaux pluviales ;
- Inaccessibles avec procédés d'étanchéité avec modules photovoltaïques souples 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 2.7.9.

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

La pente de toiture est au minimum de 3 % sur plan et au maximum de 5 %.

Le procédé peut recevoir :

- Des complexes d'étanchéités (SEL exclus) adhérents, semi-indépendants par auto-adhésivité (Fixations mécaniques exclues) ou indépendants faisant l'objet d'un Avis Technique en cours de validité visant l'emploi sur éléments porteurs en béton ;
- Un procédé d'isolation (Fixations mécaniques exclues) bénéficiant d'un Avis Technique en cours de validité visant l'emploi sur éléments porteurs en béton.

Climat de montagne en toitures inaccessibles et techniques

Le procédé peut être utilisé pour des toitures en climat de plaine (altitude ≤ 900 m) ou de montagne (altitude > 900 m).

Les conditions prévues par le paragraphe du présent document et par la norme NF DTU 43.11 s'appliquent.

Emploi dans les régions ultrapériphériques

Ce procédé n'est pas revendiqué 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 D-DALLE est normalement assurée si sa conception, sa fabrication, sa mise en œuvre et son utilisation sont conformes aux conditions définies aux §2.4 et 1.4.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

1.2.1.2.1. Résistance au feu

Conformément aux conditions prévues par l'Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, les planchers mixtes D-DALLE, sont à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu dans les conditions précisées dans l'Appréciation de Laboratoire au feu n°AL18-224 sans protection au feu.

Les vérifications suivantes peuvent également être effectuées :

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 D-Dalle bruts peuvent bénéficier d'un classement conventionnel C-s2,d0 selon les données expérimentales citées au §2.11.1 du Dossier Technique.

Vis-à-vis du feu venant de l'extérieur, le comportement au feu des toitures mises en œuvre sous une protection lourde conforme à celles de l'arrêté du 14 février 2003 satisfait aux exigences vis-à-vis du feu extérieur (art. 5 de l'arrêté du 14 février 2003) ; le procédé avec d'autres protections rapportées n'est pas classé.

Le classement de tenue au feu des revêtements apparents pour toitures est indiqué dans les Documents Techniques d'Application particuliers aux procédés.

1.2.1.3. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Pour le procédé proprement dit, elle est normalement assurée si les prescriptions de mise en œuvre du tenant de système présentées au §2.8 du Dossier Technique, ainsi que les prescriptions prévues dans les Prescriptions Techniques sont effectuées et satisfaites.

1.2.1.4. Pose en zone sismiques

Le procédé D-DALLE peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme sous réserve du respect des conditions précisées au Dossier Technique (§2.7.6).

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

1.2.1.5. Isolation thermique

Ce plancher présente une isolation thermique « moyenne » évaluée par le coefficient U de transmission surfacique calculable conformément aux règles Th-Bât, en prenant pour conductivité thermique du bois $\lambda = 0,13 \text{ W/m}^\circ \text{C}$.

En toiture, la résistance thermique de l'isolation support d'étanchéité ou l'isolation inversée doit être supérieure ou égale :

- En climat de plaine, à deux fois (règle des 2/3 - 1/3)
- En climat de montagne, à trois fois (règle des 3/4 - 1/4)

la résistance thermique du plancher D-Dalle (calculée selon son épaisseur avec $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$).

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 m² de plancher.

Dans le cas particulier d'utilisation de suspentes très courtes et rigides, réalisées en fers plats fixés sur les faces latérales des poutres en bois (voir 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.

1.2.1.7. Données environnementales

Le procédé D-Dalle 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

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 et NF EN 335.

La durabilité du plancher est normalement assurée si la fabrication est conforme aux dispositions de l'article 2.23 ci-après et si les vis d'assemblage des planches sont traitées contre la corrosion.

Tous les percements 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 CONCEPTS BOIS STRUCTURE.

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

1.2.3. Impacts environnementaux

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

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

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

- La prédalle en bois est constituée de planches en position de chant, liées entre elles par vissage ;
- La connexion de la prédalle au béton coulé en place est obtenue par le connecteur métallique linéaire de la prédalle qui bloque le glissement longitudinal relatif.

Le Groupe Spécialisé n°3.1 attire l'attention sur le caractère particulier de la méthode de dimensionnement, spécifique au procédé et nécessitant la prise en compte des affaiblissements en termes de rigidité et de résistance liés à la présence des joints entre planches. C'est pour cette raison que l'Avis est formulé sous l'hypothèse exclusive d'un dimensionnement effectué par son titulaire, la société Concepts Bois Structure.

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

Le document précise aux §1.4.4 et 2.4.5 les limitations de la flèche active en fonction du revêtement de sol et des cloisons prévus. Les limitations sont reprises du guide d'application des normes NF EN 1992 (FD P18-717).

Le Groupe Spécialisé n°5.2 attire l'attention du Maître d'Ouvrage notamment sur le pontage nécessaire des appuis comme prévu pour les planchers de type D du DTU 20.12, notamment du fait que la continuité sur appui n'est pas certaine d'autant que le §2.2.1 du DT mentionne la réalisation d'"une fente de décharge". De plus, les reliefs admis sont les costières en béton solidaires du plancher et conformes au DTU 20.12 et à son amendement A2.

La pente nulle de l'élément porteur n'est pas envisagée par le dossier technique et n'est pas admise.

L'implantation des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales doit être faite conformément à l'annexe E du NF DTU 43.3 P1-1 d'avril 2008.

Le Groupe demande à la Société CONCEPTS BOIS STRUCTURE de tenir à jour une liste de références de terrasses et toitures végétalisées afin de réaliser, lors de la révision, une expertise de ces références et de s'assurer de la prise en compte réelle du fluage du plancher. Il en est de même pour les toitures et terrasses accessibles aux piétons avec protection par dalles sur plots.

Dans le cas de terrasses accessibles aux piétons et au séjour, la conception de l'ouvrage devra prévoir des descentes d'eaux pluviales visibles par les occupants des locaux.

1.4. Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé

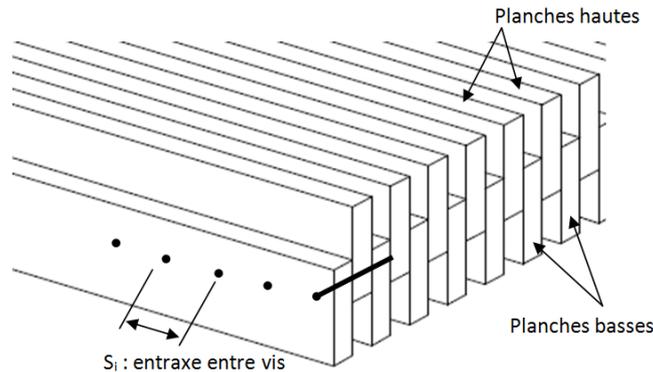
1.4.1. Cas Général

Le dimensionnement du plancher D-DALLE porte sur la prédalle bois, la dalle béton et la connexion (connecteurs transversaux) entre la prédalle bois et la dalle béton.

Les vérifications à effectuer sont menées, soit en phase provisoire (béton frais portant sur la prédalle bois) soit en phase définitive et en considérant selon les cas l'ELS ou l'ELU. La liste exhaustive de ces vérifications, leur objet et leur nature figurent au §2.4 du Dossier Technique.

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

Calcul en phase provisoire



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

La rigidité de cette dalle est calculée selon la méthode de la norme NF EN 1995-1-1 Annexe B adaptée à ce cas tel que décrite dans le §2.4.3 du Dossier technique.

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

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

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

$$n = \frac{E_{bois1}}{E_{bois2}}$$

Avec :

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

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_i \times A_i \times s_i}{K_i \times lt^2} \right]^{-1}$$

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

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

- ρ : La masse volumique du bois ;
- d : Le diamètre du connecteur.

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

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_{bois} \times A \times s}{K_{ser} \times lt^2} \right]^{-1} = 0,28$$

Les planches sont en résineux de classe C24 ($\rho=350 \text{ kg/m}^3$) de section 60 x 200 mm sur chant. Les fixations sont des vis de longueur 180 mm et de diamètre 6 mm.

Avec :

- E_{bois} (module d'élasticité du bois) = 11000 MPa ;
- A (section des planches) = 60 mm x 240 mm = 14400 mm² ;
- s (distance constante entre connecteurs) = 100 mm ;
- K_{ser} rigidité aux ELS : 1708 N/mm ;

- l (longueur de la dalle bois) = 6,0 mètres.

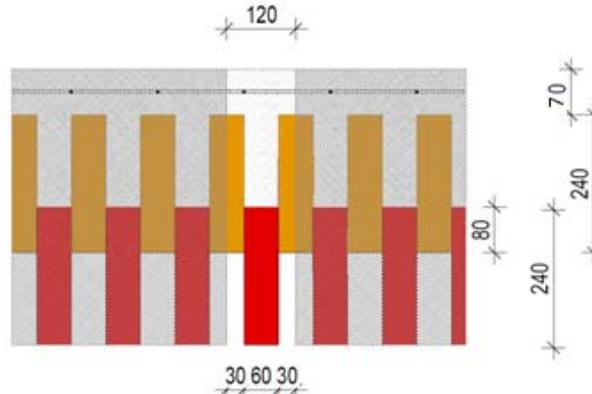
Calcul en phase définitive

Le plancher est constitué en phase définitive par la dalle mixte bois-béton composée en partie basse par la dalle bois et en partie haute par la table béton. Sous l'effet du cisaillement, le glissement entre les parties bois et béton est repris par des connecteurs métalliques sous formes de plaques perpendiculaires insérées dans les planches hautes rainurées perpendiculaires à la portée.

La rigidité de cette dalle est calculée selon la méthode de la norme NF EN 1995-1-1 Annexe B adaptée à ce cas tel que décrite dans le §2.4.3 du Dossier technique.

Nous proposons ici un exemple d'application numérique :

Exemple de taux de collaboration entre la dalle bois et la table béton (γ_c) à l'ELS initial



Etude d'une dalle bois-béton de 1140 mm de large, entraxe 1200 mm.

Épaisseur du béton depuis le bord supérieur de la planche haute : 70 mm

Retombée de béton non fissurée dans les créneaux : 80 mm

Planches de largeur 60 mm (10 planches basses, 9 planches hautes, soit 8 créneaux 'travaillants')

$$\gamma_c = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_c \times A_c \times s_{eff}}{n \times K_{ser} \times l^2} \right]^{-1} = 0.13$$

Avec :

- n (nombre de créneaux travaillants) = 8
- $K_{ser} = 24640$ N/mm (valeur de raideur en cisaillement établi par essais pour un 'créneau' bois-béton selon schéma ci-contre)
- E_c (module d'élasticité du béton) = 31000 MPa
- A_c (section de béton travaillante) = $A_{sup} + A_{inf} = 122400$ mm²
 - $A_{sup} = 70 \times 1200 = 84000$ mm²
 - $A_{inf} = 8 \times 60 \times 80 = 38400$ mm²
- Avec A_{sup} la section de béton continue sur planches hautes, et A_{inf} la section de béton dans les créneaux.
- $s_{eff} = 0.75 \times s_{min} + 0.25 \times s_{max} = 0.75 \times 750 + 0.25 \times 3000 = 1312.5$ mm
- l (portée de la dalle) = 6,00 m

Raideur efficace de la dalle bois-béton

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

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

Avec :

- A_i : aire de la section i
- E_i : module d'élasticité de la section i
- I_i : inertie de la section i

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_i \times A_i \times s_i}{K_i \times l^2} \right]^{-1}$$

$$\gamma_2 = 1$$

- s_i : espacement des fixations
- l : portée considérée
- a_i : distance de l'axe neutre de la section i à l'axe neutre de la section complète

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

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (h_1 + h_2) - \gamma_3 E_3 A_3 (h_2 + h_3)}{2 \sum_{i=1}^3 (\gamma_i E_i A_i)}$$

Le couple (a , I_{ef}) permet de calculer la contrainte maximale normale (σ_i), la contrainte maximale de flexion ($\sigma_{m,i}$), la contrainte maximale de ($\tau_{2,max}$)

Contrainte normale :

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

Contrainte de flexion :

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

L'axe neutre de la section composée se trouve la plupart du temps dans la section 2 (planches hautes) la contrainte de cisaillement maximale se calcul par :

$$\tau_{2,max} = \frac{E_2 b_2 \frac{h^2}{2} + \gamma_3 E_3 A_3 a_3}{b_2 (EI)_{eff}} V_{max} \leq f_{v,d} = f_{v,k} \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \times k_{cr}$$

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

Le mode de ruine est de type fragile pour la partie béton.

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

En phase provisoire, le calcul de la flèche tient compte de la présence éventuelle d'étais et d'une contreflèche initiale éventuelle.

Pour prendre en compte l'accumulation du béton en phase provisoire dans le calcul des déformations, on ajoute une surépaisseur fictive de béton uniformément répartie valant $0,7 f$, f étant le fléchissement à mi-portée déterminé sans la surépaisseur en phase provisoire.

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

$$E_{vj} = \frac{E_{ij}}{1 + \phi} \text{ pour le béton}$$

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

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

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

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

1.4.2. Vérification de la flèche instantanée.

1.4.2.1. Calcul de la rigidité équivalente en flexion à court terme.

La rigidité équivalente en flexion aux ELS se calcule de la même manière qu'aux ELU en prenant en compte le coefficient de glissement de service (K_{ser}) et non celui de rupture (K_u).

1.4.2.2. Vérification de la flèche à court terme.

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

Etant donné que, dans le cas qui nous préoccupe, les poutres isostatiques sont chargées uniformément, la flèche se vérifie selon :

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

1.4.3. Vérification de la flèche finale.

Pour les vérifications des ELS à l'état final, il convient de remplacer les modules d'élasticité du bois et du béton par des modules finaux.

$$E_{1,fin} = \frac{E_1}{1 + \phi}$$

$$E_{2,fin} = \frac{E_2}{1 + k_{def}}$$

$$K_{ser,fin} = \frac{K_{ser}}{1 + k_{def,connexion}}$$

- k_{def} : Facteur de déformation défini dans la norme NF EN 1995-1-1 ;
- φ : Coefficient conforme à l'Annexe B de l'EN 1992-1-1 ;
- $k_{def,connexion}$: Facteur de déformation pris égal à $2 \cdot k_{def}$.

La flèche se vérifie selon :

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

1.4.4. Vérification de la flèche active

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

Pour les planchers, la flèche active, pouvant nuire aux revêtements de sols rigides, ne doit pas dépasser :

- Soit la valeur fixée par les DTU correspondants, si disponible ;
- Soit $L/500$ de la portée si celle-ci est $\leq 5,0$ m ; $0,005 + L/1\ 000$ de la portée si celle-ci est supérieure à $5,0$ m.

Pour les planchers n'ayant pas à supporter des revêtements de sols rigides, la flèche active est limitée, par la norme, ou en l'absence d'autres précisions, aux valeurs suivantes :

- Soit $L/350$ de la portée si celle-ci est $\leq 7,00$ m ;
- Soit $1\text{ cm} + L/700$ de la portée si celle-ci est supérieure à $7,00$ m.

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.

2. Dossier Technique

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

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire : Société Concepts Bois Structure
 118 Avenue d'Alfortville
 Parc d'activité Les Gondoles
 FR- 94600 Choisy le Roi
 Tél. : 01 56 70 43 83
 Fax : 01 48 92 05 85

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le système D-Dalle est une dalle mixte bois-béton, basée sur l'utilisation d'une structure en planches pour reprendre les efforts de traction et d'un remplissage en béton travaillant en compression.

La prédalle est composée de planches sur champs, vissées et décalées sur la hauteur statique pour augmenter la performance. La liaison entre le bois et le béton est réalisée par des connecteurs métalliques (voir figure 1)

De par sa constitution, le système D-Dalle pourra être mis en œuvre pour des portées simples isostatiques, ou pour des portées adjacentes en poutres continues, avec moment fléchissant sur appui impliquant le béton ou sans prendre en compte ce béton.

La reprise de ce moment sur appui sera calculée au cas par cas. Dans certaines situations, une fente de décharge (partie tendue sur appui) pourra être pratiquée.

Enfin, la D-Dalle peut reprendre des efforts sismiques horizontaux, soit en vérifiant le béton et son treillis d'armature liaisonné, soit en vérifiant la dalle bois et ses connections longitudinales et transversales.

La D-Dalle est utilisable pour les classes de service 1 et 2 au sens de l'Eurocode 5.

Le système D-Dalle est utilisé en climat de plaine en France européenne (hors DROM) comme élément porteur ou support des toitures isolées étanchées (cf. §2.7.7 à 2.7.9) :

- Inaccessibles avec chemins de circulation éventuels, sans rétention temporaire d'eaux pluviales ;
- Inaccessibles avec procédés d'étanchéité avec modules photovoltaïques souples 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 2.7.9.

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

La pente de toiture est au minimum de 3 % sur plan et au maximum de 5 %.

Le procédé peut recevoir :

- Des complexes d'étanchéités (SEL exclus) adhérents, semi-indépendants par auto-adhésivité (Fixations mécaniques exclues) ou indépendants faisant l'objet d'un Avis Technique en cours de validité visant l'emploi sur éléments porteurs en béton ;
- Un procédé d'isolation (Fixations mécaniques exclues) bénéficiant d'un Avis Technique en cours de validité visant l'emploi sur éléments porteurs en béton ;

Le procédé peut être utilisé pour des toitures inaccessibles et techniques en climat de montagne (altitude > 900 m) dans les conditions prévues par le présent document et par la norme NF DTU 43.11.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Connecteurs bois-béton

Le connecteur est une lame pliée en acier S235, de 3 mm d'épaisseur, minimum perforé (trous diamètre 38 mm).

Le plan qualité expose les étapes à respecter durant la fabrication, la réception ainsi que la mise en œuvre.

Le cas échéant, l'épaisseur de la plaque est déterminée en fonction des efforts à transmettre.

Celui-ci est enfoncée perpendiculairement aux lames de bois, dans une rainure ajustée de même épaisseur réalisée par un trait de scie.

La hauteur du connecteur standard est de 60 mm.

Toutes hauteurs différentes seront étudiées et justifiées par le bureau Concepts Bois Structure sur les deux côtés de la poutre. Quand le creux du rail formé par le décalage entre la planche haute et la planche basse est supérieur à 80mm, une cale de remplissage en polystyrène ou en bois peut être posée en fond d'onde pour réduire la charge de poids propre de béton. En effet, en fond d'onde le béton se retrouve en traction ; il est donc non travaillant et inutile.

Les cales polystyrène sont interposées sur toute la portée et ne sont pas admises au droit des connecteurs sur 300 mm de chaque côté. La largeur de ces cales est identique à celle des planches basses. La hauteur des cales est inférieure ou égale à l'espace ménagé entre le haut de la planche basse et le bas du connecteur.

2.2.2.2. Béton

Le béton employé est conforme à la norme NF EN 206/CN et à l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1).

La classe de résistance du béton est C20/25 minimum.

La classe de consistance est S4 minimum (classe d'affaissement déterminé par essai de l'EN 12350-2) selon la norme EN 206/CN.

L'épaisseur nominale de table de compression en béton au-dessus de la planche haute de la prédalle en bois est d'au moins 5 cm hors exigence sismique et de 7 cm lorsqu'une exigence sismique s'applique au bâtiment.

Le rapport E/C préconisé est de $0,5 \pm 0,05$ en valeur moyenne. De plus, le béton utilisé pour la section mixte de la D-Dalle est un béton à faible rapport eau/ciment de façon à ne pas ramener trop d'eau libre à l'interface bois-béton, ce qui aurait comme incidence de générer des coulures venant tacher le plafond qui reste normalement visible.

Pour faciliter la mise en œuvre de ce béton, le faible rapport eau/ciment peut être compensé par des adjuvants (plastifiants). Un béton type serait par exemple :

- Dosage 300-380 kg/m³ de ciment relevant de la norme NF EN 197-1;
- Granulométrie : 0-16 (diamètre max des granulats 16 mm) ;
- Ajout de plastifiants et de stabilisateurs ;
- Vibration efficace.

Un béton autoplaçant est préférable.

2.2.2.3. Armatures

Les armatures seront conformes aux exigences décrites dans la norme NF EN 1992-1-1 et son annexe C.

En outre en zone sismique, les armatures devront satisfaire les exigences de la norme NF EN 1998-1 § 5.3.2, § 5.4.1 et §5.5.1.1 ou équivalent.

2.2.2.4. Dalle bois

Les planches constituant la dalle bois peuvent être de type :

- Bois lamellé collé dont les caractéristiques devront satisfaire les exigences de la norme NF EN 14080 avec une classe de résistance minimale GL24h ou GL24c ;
- Bois massif reconstitué (BMR) de qualité C24 minimum selon la norme NF EN 14080 ;
- Bois massif résineux avec une résistance mécanique minimum de C24 selon la norme NF EN 338 ;
- Bois massif feuillu avec une résistance mécanique minimum de D24 selon la norme NF EN 338.

Les bois aboutés utilisés doivent être conforme à la norme NF EN 15497.

Les planches ont une largeur minimum de 60 mm et une hauteur comprise entre 12 et 26 cm pour le bois massif et jusqu'à 52 cm pour le lamellé collé. Le recouvrement entre planches hautes et planches basses sera pris égal à la plus grande des deux valeurs suivantes : 80 mm ou 1/3 de la hauteur de la planche la plus grande.

Le dépassement relatif entre planches ne dépasse pas 160 mm.

Ces planches sont assemblées au moyen de tire fonds en acier de diamètre 6 mm ou 8 mm et de longueur comprise entre 150 et 300 mm bénéficiant du marquage CE selon la norme NF EN 14592. Les conditions de pinces des vis de recouvrement doivent respecter les pinces minimales décrites dans la norme NF EN 1995-1-1. Seules les vis de diamètre nominale 6 mm peuvent être utilisées sans pré-perçage.

Le type de vis utilisé pour fabriquer la prédalle en bois est du Type ASSY de la marque Wurth ou HBS commercialisé par Rothoblaas ou équivalent, bénéficiant d'un certificat de conformité CE selon la norme NF EN 14592.

2.3. Fabrication

Les prédalles bois fabriquées sont fabriquées dans l'usine de la société Ecotim à La Rochette (74) et font l'objet d'auto-contrôles à différents stades de la fabrication :

- Inspection visuelle des bois lors de leur réception et avant débit ;
- Inspection visuelle des connecteurs bois-métal à leur réception ;
- Contrôle de l'entraxe de vissage des dalles bois par l'utilisation d'une pige ;
- Contrôles des dimensions des prédalles et de leur planéité selon les plans de fabrication ;
- Contrôle de la correct mise en œuvre des connecteurs bois-métal dans les entailles réalisées sur une machine à commande numérique.

2.4. Dimensionnement

2.4.1. Description des composants

2.4.1.1. Dalle en bois

La partie bois est constituée de planches ayant pour dimensions de 12 cm à 26 cm de hauteur pour le bois massif et jusqu'à 52 cm pour le lamellé collé, de créer une section composée du fait du décalage vertical des planches vissées sur la hauteur.

Le recouvrement entre planches hautes et planches basses sera pris égal à la plus grande des deux valeurs suivantes : 80 mm ou 1/3 de la hauteur de la planche la plus grande.

Le dépassement relatif entre planches ne dépasse pas les 160 mm.

L'espacement et le nombre de vis sont déterminés en fonction des efforts appliqués sur la dalle selon EC5.

L'espacement des vis respectera les conditions de pince de l'EC5. Ce type de structure exige des bois secs à 12 % +/- 4%. La dimension des planches de bois est déterminée :

- a) Par les efforts lors de la phase de montage où seule la dalle bois est considérée et
- b) Par les efforts de traction et de cisaillement en phase d'exploitation

De plus, le profil de la prédalle bois facilite la mise en œuvre de la section en béton, travaillant en compression, avec un connecteur pour rigidifier la section composée.

2.4.1.2. Dalle béton et connecteurs

Le décalage des planches de bois offre une possibilité d'appui de la section béton. Pour améliorer l'encastrement entre le bois et le béton, on interpose une plaque d'acier posée transversalement par rapport aux planches supérieures.

Cette plaque d'acier est perforée (voir figure 2), de façon à enclaver le béton dans cette zone et bloquer ainsi les glissements horizontaux et verticaux.

Les efforts de compression déterminent la hauteur minimale de la dalle pour garantir la stabilité. Cette dalle peut supporter une chape sèche ou liquide pouvant intégrer un système de chauffage (ou autre système de plancher). Cette couche supplémentaire devra posséder un Avis Technique dans le cas d'un procédé non traditionnel et/ou faire référence à un DTU (NF DTU 65.14 pour les planchers chauffants à eau chaude par exemple). La D-Dalle respectera les critères imposés par le procédé employé (limites de flèche...).

Le nombre de connecteurs mis en œuvre sur la longueur de la dalle (sur la portée totale) dépend du flux d'efforts de cisaillement à reprendre. Les connecteurs sont disposés en priorité proche des appuis, dans les zones de flux de cisaillement maximum.

En zone centrale de la dalle et autour du connecteur, pour éviter toute possibilité de séparation du bloc de béton par rapport au bloc bois (observée à la rupture sur les essais en laboratoire), des vis identiques à celles ayant servi à la connexion des planches de bois sont placés comme clavette dans la zone béton.

La figure 2b donne le schéma de principe de ces vis, disposées sur une longueur de L/15 de la dalle, et avec une densité minimale de 8 vis / m².

2.4.1.3. Systèmes statiques

La D-Dalle peut être construite en mode poutre sur deux ou trois appuis (voir plus). La dalle est apte à l'usage avec un moment de flexion sur appui générant de la traction dans le béton.

Dans ce cas, il est possible de tenir compte de la fissuration du béton due au moment négatif sur appui en activant la dalle béton et en justifiant les calculs de l'armature. On pourra prendre comme valeur forfaitaire $0.30 M_0$, avec M_0 étant le moment maximum de la poutre isostatique (la plus grande).

La section $0.3M_0$ est reprise par une section bois-béton ou béton. Pour utiliser une section bois/béton, le joint entre les extrémités des planches de la D-Dalle doit avoir une largeur supérieure ou égale à $30 \text{ mm} + h/8$, h correspondant à la hauteur de béton dans la nervure prise en compte dans la vérification.

2.4.2. Principe de fonctionnement

Le système D-Dalle travaille en section mixte. La partie bois reprend les efforts de traction et la partie béton ceux de compression. La transmission des efforts de glissement entre les deux matériaux se fait principalement par l'intermédiaire des connecteurs métalliques. Les effets d'adhésion entre le bois et le béton ne sont pas pris en compte pour le calcul.

La conception et le calcul du système D-DALLE sont réalisés exclusivement par la société CONCEPTS BOIS STRUCTURE titulaire de cet Avis Technique.

Les dimensionnements sont effectués selon les Eurocodes. La semi-rigidité de la connexion est abordée selon la méthode Gamma de l'EC5.

2.4.3. Méthode de calculs

Le dimensionnement du système D-Dalle se fait conformément aux Eurocodes 5 et 2. Il consiste en une vérification successive en phase provisoire et en phase définitive :

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

Ce dimensionnement est effectué en tenant compte du fluage des deux matériaux bois et béton uniquement en phase définitive (fluage négligé en phase provisoire), aussi bien sur l'évaluation des contraintes que des déformations (flèches totales et flèche active/nuisible).

2.4.4. Calcul en phase provisoire

En phase de coulage du béton, seule la dalle bois (ou l'ensemble dalle partielle + platelage) travaille.

Rigidité de la dalle bois

La rigidité de la dalle bois est calculée selon la méthode de l'Annexe B de l'Eurocode 5. La prédalle bois peut être constituée de différentes essences et de planches de sections différentes entre les lames supérieures et les lames inférieures. La position de l'axe neutre est donnée par la relation suivante :

$$x_{bois} = \frac{x_{bois2}A_{bois2} + \gamma n A_{bois1} x_{bois1}}{A_{bois2} + \gamma_i n A_{bois1}}$$

$A_{bois i}$ Section transversale du bois i
 $x_{bois i}$ Position de l'axe neutre de la section i
 γ_i Coefficient de liaison entre les sections de bois.

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_i \times A_i \times s_i}{K_i \times l^2} \right]^{-1}$$

Avec :

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

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

ρ La masse volumique du bois ;
 d Le diamètre du connecteur.

On en déduit ensuite la rigidité effective de la prédalle par la relation suivante :

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

Avec :

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

Où :

h_1 La hauteur planche du haut ;
 h_2 La hauteur planche du bas ;
 r Le recouvrement entre les 2 planches.

Pour ensuite déterminer les contraintes dans la section :

Contrainte normale :

$$\sigma_i = E_i \cdot |\gamma_i a_i| \times \frac{M}{(EI)_{eff}} \text{ (traction moyenne) (3.1)}$$

Contrainte de flexion :

$$\sigma_{m,i} = E_i \cdot \frac{h_i}{2} \times \frac{M}{(EI)_{eff}} \text{ (flexion) (3.2)}$$

Avec :

h_1 Hauteur planche supérieure
 h_2 Hauteur planche inférieure

Contrainte de cisaillement \max :

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

Vérifications

En phase de coulage du béton, seule la dalle bois travaille. La vérification est effectuée sous l'action simultanée :

- D'une charge uniformément répartie représentant le poids propre du plancher (bois + coffrage + béton frais pour l'épaisseur de calcul augmentée de la part due au fléchissement des solives (cf. annexe 1) pondéré par 1,35 ;
- D'une charge de mise en œuvre pondérée par 1,5. Les valeurs de ces charges de mise en œuvre à l'extérieur ou dans la zone de travail sont prises conformes à la norme NF EN 1991-1-6 à savoir :
 - 0,75 kN/m², charge appliquée à l'extérieur de l'aire de travail ;
 - 1,5 kN/m², charge appliquée sur l'aire de travail de dimensions en plan 3mx3m.

Les vérifications sont les suivantes :

- Critères de résistances selon la norme NF EN 1995 : Flexion, Tranchant, Déversement ;
- Critères de service (flèches) en prenant en compte les charges s'appliquant à cette phase et notamment le poids de béton frais, y compris le surplus de poids lié au à la déformation de dalle bois sous le poids du béton frais. Un critère de déformation devra être respecté pour les prédalles bois :
 - 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 étaillage devra être prévu.

La contre-flèche des prédalles bois doit être limitée à la déformée de celles-ci sous l'effet du poids propre du béton coulé en place.

L'étaillage provisoire en phase de coulage reprend les surcharges de béton lors de cette phase. Cet étaillage sera positionné de façon à ce que les surcharges de béton dues au fléchissement de la dalle soient négligeables (flèche de l'ordre de l/500).

L'analyse statique permet de déterminer le nombre d'étais nécessaires pour assurer la stabilité de la dalle.

Le système continu peut être calculé avec la méthode simplifiée selon l'EC5 (annexe B, méthode gamma) tenant compte :

- Des portées sont à adapter selon les distances entre les zones avec M=0 (Moments = 0); environ 0,8*I (I= la portée entre deux étais) ;
- De la sollicitation sur les appuis doit également être vérifiée (efforts tranchants).

2.4.5. Calcul en phase définitive

Hypothèses de calculs :

- Les sections planes restent planes ;
- La résistance en traction du béton est négligée ;
- Le béton est comprimé de façon uniforme ;
- La sollicitation est uniforme (répartie et constante ou sinusoïdale). La dalle peut être décomposée en trois parties différentes :
 - a) Partie béton ;
 - b) Les sections des bois supérieures ;
 - c) Les sections des bois inférieurs.
- Le poids du béton sera considéré comme des charges ponctuelles positionnées à l'emplacement des étais et ayant pour valeur les réactions de ceux-ci.

Rigidité effective

Le calcul peut être effectué avec la méthode gamma de la norme NF EN 1995-1-1. Les coefficients de la liaison γ se calculent conformément à la norme pour la liaison bois-bois.

La capacité des connecteurs à reprendre les efforts de cisaillement longitudinal auxquels ils sont soumis a été déterminée par des essais. La valeur à prendre en compte par créneau de béton dans les justifications à mener à l'ELU est la suivante : $R_k = 34,64$ kN et $K_{ser} = 24640$ kN/mm par « créneau » composé d'une planche basse et de deux demi-planches hautes avec la section de béton correspondante

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

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

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 la condition suivante :

- Espacement minimum de 400 mm ;
- Espacement maximum de 4 fois l'espacement minimum mis en œuvre.

Dans les deux tiers extrêmes de la dalle, les connecteurs reprennent les efforts de cisaillement. Dans le tiers central, un système de vis solidarise la prédalle et la dalle de compression.

Etats limites ultimes

Contraintes normales

Détermination des efforts et des contraintes : Le dimensionnement de la dalle en phase définitive s'effectue selon la méthode explicitée en annexe B de l'Eurocode 5 et précédemment utilisée.

- Les vérifications en résistance sont effectuées en sommant l'état de contrainte au sein de la dalle bois en situation provisoire (charges appliquées conservées en phase définitive sur la dalle bois) et de celui déterminé sur la section mixte (donné par charges appliquées sur la section mixte). Les vérifications tiennent compte des effets de durée des charges (fluage).

- Dalle bois : Contrainte de flexion et traction :

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

Où,

- $\sigma_{t,d}$ composante de traction de la contrainte sollicitant le bois ;
- $\sigma_{m,d}$ composante de flexion de la contrainte sollicitant le bois.
- Dalle béton :

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

Où :

- σ_{cd} contrainte de compression maximale béton ;
- f_{cd} résistance de calcul du béton à la compression.

Cisaillement

La position de l'axe neutre de la section mixte est le plus souvent placée au niveau des planches hautes, la contrainte de cisaillement maximale est calculée selon la méthode de l'Annexe B de la norme NF EN 1995-1-1 (reprise au §1.4).

Les essais de cisaillement réalisés (cf référence §2.11.1) indiquent la ruine par cisaillement au niveau des connexions qui se produit dans les nervures béton ou bois. Les vérifications sont donc menées :

- Sur le béton
 - En considérant les géométries des nervures entre planches hautes
 - 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 selon NF EN 1992 (§6.2.2).
 - 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).
- Sur la prédalle bois :

Sur les planches de bois, en partie haute, la contrainte de cisaillement induite dans le bois par le connecteur est, dans tous les cas, limitée à 2 MPa (y.c. $k_{cr} = 0.67$, soit $3 \text{ MPa} \times 0.67 = 2 \text{ MPa}$) pour toute classe de bois supérieure ou égale à C24 ou D24.

La capacité des connecteurs à reprendre les efforts de cisaillement auxquels ils sont soumis dépend :

- D'une part de la résistance en cisaillement du bois qui a été plafonné à 2 MPa (y.c. $k_{cr} = 0.67$, soit $3 \text{ MPa} \times 0.67 = 2 \text{ MPa}$) quelques soit l'essence feuillus ou résineuses de classe au moins égale à D24 ou C24 ;
- D'autre part de la résistance en cisaillement des nervures béton. Pour les dalles partielles,

La rigidité de la connexion bois-bois de la dalle doit être calculée telle qu'indiquée dans le §2.4.4 du Dossier Technique.

La rigidité de la connexion bois-béton déterminée par essais est $K_{ser} = 24640 \text{ N/mm}$

Et $K_u = 2/3 \cdot K_{ser}$

Dans le cas des dalles partielles seules les parties de connecteurs encadrées entre deux planches sont prises en compte dans le calcul.

Dans ce même cas les réductions de capacité en cisaillement des connexions sont prises en compte en se basant sur la formulation des coefficients de réduction k_l et k_t de la norme NF EN 1994-1 §-6.6.4.

A l'état final :

Coefficient de rigidité à long terme :

$$K_{ser,\infty} = K_{ser,i} / (1 + k_{def,i})$$

$$K_{u,\infty} = K_{u,i} / (1 + k_{def,i})$$

Pour la connexion bois-bois :

$$k_{def,i} = 2.0 \cdot \sqrt{(k_{def,Planche\ haute} \cdot k_{def,Planche\ basse})}$$

Pour la connexion bois-béton :

$$k_{def,i} = 2 \cdot k_{def,Planche\ haute}$$

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

Etats limites de services

Déformations : Le calcul des déformations se décompose en deux parties.

Dans le cas du béton comme du bois, il est nécessaire de différencier deux modules d'élasticité pour :

- Les actions de courtes durées ;
- Les actions de longues durées.

Les déformations obtenues sont comparées à celles définies dans l'Eurocode. De plus, l'utilisation d'une contre flèche de chantier obtenue avec l'étalement permet d'équilibrer les déformations due au retrait du béton et au poids propre de la dalle (charges permanentes et quasi-permanente).

- Le fléchissement dû à toutes les charges ($W_{net,fin}$) est limité conventionnellement à $L/250$. 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 D-DALLE.
- 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 variables.

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

- En l'absence de revêtement de sol fragile et de cloisons fragiles, la flèche active est limitée à :
 - $L/350$ pour $L \leq 7,00$ 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
 - $0,005 + L/1000$ pour $L > 5,00$ m

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

L'aptitude au service du plancher selon les vibrations est déterminée conformément au §3.3.6 CPT 3802_P2.

2.4.6. Dimensionnement aux influences long terme (retrait, fluage, relaxation)

Le calcul est réalisé conformément au TS 19103 « Conception et calcul des structures en bois - Calcul des structures mixtes bois-béton - Règles communes et règles pour les bâtiments ».

Les effets dus au comportement de longue durée (retrait, fluage, relaxation) sont pris en compte avec l'utilisation des valeurs réduites pour les modules de Young, des contraintes admissibles diminuées par des facteurs définis selon les normes EC5 et EC2.

Les efforts de retrait du béton sont également pris en compte pour les calculs de déformations.

- Les déformations inélastiques sur la structure dues aux charges de retrait sont prises en compte par l'intermédiaire d'une charge verticale fictive :

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

Avec :

$$C_{p,sls} = \pi^2 \cdot \frac{E_c \cdot A_c \cdot E_t \cdot A_t \cdot Z \cdot \gamma_1}{(E_c \cdot A_c + E_t \cdot A_t) \cdot L^2} \text{ et } \Delta \varepsilon = \varepsilon_t - \varepsilon_c$$

Où :

- ρ_{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_c est le module d'élasticité du béton ;
- A_c est la section de béton ;
- E_t est le module d'élasticité du bois ;
- A_t est la section du bois ;
- Z est la distance entre les centres de gravité de la dalle de béton et de la prédalle bois ;
- γ_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 ;
- ε_t est la déformation inélastique de l'élément bois provoquée par la température, le retrait ou le gonflement résultant de la variation de l'humidité ;
- ε_c est la déformation inélastique de l'élément béton provoquée par la température ou le retrait.

- L'influence des déformations inélastiques sur la rigidité efficace en flexion noté $(EI)_{ef,sls}$ est prise en compte par le coefficient $C_{J,sls}$. La rigidité efficace en flexion pour les charges externes et les déformations inélastiques est déterminée de la manière suivante :

$$(EI)_{ef,sls} = C_{J,sls} \cdot (EI)_{ef,EC5-AnnexeB}$$

Avec :

$$C_{J,sls} = \frac{\rho_{sls} + q_d}{\frac{E_c \cdot A_c + E_t \cdot A_t}{(\gamma_1 \cdot E_c \cdot A_c + E_t \cdot A_t) \cdot \rho_{sls} + q_d}}$$

Où :

- $(EI)_{ef,sls}$ 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 ;
- $(EI)_{ef,EC5-AnnexeB}$ 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 ;

q_d est la valeur de calcul des charges externes.

- La courbure est admise comme étant la même dans les sections des éléments bois et béton, et le moment de flexion peut être calculé de la manière suivante :

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

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 les éléments 1, 2 ou 3 ;

$(EI)_{ef,sls}$ 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 ;

$M(q_d + 0,8p_{sls})$ 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 ;

P_{sls} est une charge fictive qui représente les déformations inélastiques.

- Les contraintes dues aux efforts normaux et de cisaillement sont déterminés de la même manière que présenté au paragraphe 2.4.4.

2.4.7. Dimensionnement à la flexion transversale

La flexion transversale sous charge ponctuelle est calculée grâce à un modèle éléments finis.

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

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

La longueur transversale travaillante sera bornée aux 5% et 95% du moment transversal. Cette longueur correspond à la base de calcul d'une section rectangulaire.

CBS tient à disposition un abaque de calcul du ferrailage transversal.

Quand la charge non pondérée est supérieure à 7 kN ou pour tout cas particulier non pris en compte dans l'abaque, le ferrailage transversal sera calculé au cas par cas par le bureau CBS.

2.4.8. Exemple de taux de collaboration de la D-Dalle à l'ELS

Etude d'une dalle bois-béton de 1140 mm de large, entraxe 1200 mm.

Épaisseur du béton sur la planche haute : 70 mm.

Retombée de béton non fissurée dans les créneaux : 80 mm.

Planches de largeur 60 mm (10 planches basses, 9 planches hautes, soit 8 créneaux « travaillants »).

$$\gamma_c = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_c \times A_c \times s_{eff}}{n \times K_{ser} \times l^2} \right]^{-1} = 0.13$$

Avec :

n (nombre de créneaux travaillants) = 8

$K_{ser} = 24640$ N/mm

E_c (module d'élasticité du béton) = 31000 MPa

A_c (section de béton travaillante) = $A_{sup} + A_{inf} = 122400$ mm²

$A_{sup} = 70 \times 1200 = 84000$ mm²

$A_{inf} = 8 \times 60 \times 80 = 38400$ mm²

Avec A_{sup} la section de béton continue sur planches hautes, et A_{inf} la section de béton dans les créneaux.

$s_{eff} = 0,75 \times s_{min} + 0,25 \times s_{max} = 0,75 \times 750 + 0,25 \times 3000 = 1312,5$ mm

l (portée de la dalle) = 6,00 m

2.5. Comportement en cas de feu

La méthode de vérification de la résistance au feu est celle décrite dans l'appréciation de laboratoire au feu n°AL18-224.

Le classement en réaction au feu du plafond formé par la sous-face de la D-Dalle est C,s2-d0 selon le rapport d'essai ISSEP 892-2010 cité dans les résultats expérimentaux.

2.6. Comportement acoustique du système

La D-Dalle en dimension d'emploi a fait l'objet de plusieurs essais acoustiques pour mesurer son comportement pour les deux critères :

- Isolation aux bruits aériens (R_w) ;
- Isolation aux bruits d'impacts (L_n, t).

Les tests ont été réalisés pour une D-Dalle pleine homogène.

2.7. Conception et détails constructifs

La D-Dalle est une structure horizontale préfabriquée qui doit venir s'insérer dans un bâtiment ou une construction.

Les détails constructifs des interfaces avec la structure générale du bâtiment et plus spécialement au niveau des appuis nécessitent une étude de conception et d'ingénierie.

Dans le cas général, au niveau des appuis, il y a lieu de vérifier que l'effort de compression agissant sur la dalle en bois ne dépasse pas sa contrainte admissible de compression transversale.

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

2.7.1. Appui principal

L'appui principal de la D-Dalle peut être créé avec les différents matériaux de supports en :

- Bois (MOB, muralière)
- Béton (linteau, corbeau)
- Acier (profilés, cornières, équerres).

L'annexe 3 donne les principaux détails types pour ces différents matériaux de supports.

Au niveau de l'appui, les vérifications statiques portent sur :

- La surface d'appui en compression transversale
- La vérification du support pour reprendre la descente des charges, y compris la compression transversale dans le cas de porteurs ossatures bois
- Les ancrages pour reprendre les efforts horizontaux éventuels (séismes) et verticaux (vérification des cornières et muralières)
- Les efforts de torsion en cas d'appui excentré (cornière, muralière)
- La stabilité au feu ou protection constructive de l'appui.

Sur cet appui, les travaux de préparation sont nécessaires avant le coulage du béton. Il faudra essentiellement coffrer la tête de dalle sur l'épaisseur du béton, ou couler le béton en tête de dalle, mais avec les protections pour éviter tout retour par le niveau inférieur.

2.7.2. Appui latéral

Si la D-Dalle est calculée en mode poutre sur deux appuis, la liaison aux structures verticales doit tout de même être assurée sur le côté latéral de la dalle, étant donné sa capacité à travailler en dalle partiellement isotrope.

Des familles d'appui types en fonction des matériaux supports sont possibles. Quelques exemples types sont donnés en annexe 5.

Là également, les vérifications statiques porteront sur :

- Le transfert de la descente de charge
- Les ancrages pour efforts horizontaux (séisme par exemple) et verticaux
- L'incidence d'éventuelles excentricités de l'appui
- La stabilité au feu ou protection constructive de l'appui latéral

2.7.3. Appuis intermédiaires

Les planchers sont justifiés intégralement en isostatique. Pour réduire les risques de fissuration sur les appuis, il convient de prévoir des armatures supérieures capables d'équilibrer un moment égal à $0,30 M_0$ et de respecter un rapport de portées successives compris entre 0,8 et 1,2. La sollicitation $0,3M_0$ est reprise par une section bois-béton ou béton. Pour utiliser une section bois/béton, le joint entre les extrémités de travée bois D-Dalle doit avoir une largeur supérieure ou égale à $30\text{mm} + h/8$, h correspondant à la hauteur de béton dans la nervure prise en compte dans la vérification.

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

2.7.4. Joints de modules

La D-Dalle étant un élément préfabriqué en usine et sera livré sur le chantier en modules de 1.14 m de largeur dans le cas général, la construction finale doit intégrer le détail constructif de fermeture du joint de module entre deux blocs adjacents.

Il existe plusieurs familles de joint de modules, parmi lesquels :

- Le joint invisible, avec des modules posés à l'avancement. Dans ce cas, nécessité de laisser un jeu de 3 mm entre module pour une éventuelle dilatation hygrométrique.
- Le joint en T, permettant un réglage de trame. Dans ce cas, le joint entre deux modules évolue dans une fourchette de $+ / - 20$ mm en fonction de la largeur exacte des modules

2.7.5. Zones locales : trémies, chevêtres

Comme pour chaque dalle, des réservations sont possibles en fonction des besoins de passage de gaines techniques ou autres.

Jusqu'à des largeurs de 18 cm, les réservations peuvent être intégrées dans le module préfabriqué, en se limitant à un renfort de vissage local pour permettre le transfert du flux d'effort sur les planches latérales continues.

Au-delà, et jusqu'à des ouvertures de 60 cm, un chevêtre caché par-dessus le module, dans l'épaisseur de la planche haute peut être développé.

Le report des charges sur les parties de D-DALLE adjacentes seront pris en compte dans le dimensionnement par une charge ponctuelle. Lorsque ces charges sont élevées, des renforts éventuels peuvent être mis en œuvre (augmentation du taux de vissage, planches) (cf. annexe 2, figure 4).

Ce chevêtre sera calculé comme un chevêtre classique et connecté en fonction du flux d'effort à transmettre.

Et finalement, un linteau d'appui est toujours possible, comme pour n'importe quel type de chevêtre.

Pour des ouvertures supérieures à 60 cm, le chevêtre est placé sur la totalité de l'épaisseur de la prédalle bois. Le report des charges sur les parties de D-DALLE adjacentes seront pris en compte dans le dimensionnement par une charge ponctuelle.

Lorsque ces charges sont élevées, des renforts éventuels peuvent être mis en œuvre (augmentation du taux de vissage, planches) (cf. annexe 2, figure 5).

2.7.6. Conception parasismique

La mise en œuvre d'une D-Dalle peut être conçue pour fonctionner en système parasismique et donc pour reprendre des efforts horizontaux dans son plan.

Les essais montrent que le système est non dissipatif et que le dimensionnement doit être effectué de manière élastique. Le comportement de la section permet à la dalle d'assurer la fonction diaphragme pour les sollicitations sismiques. (cf. Essai Crittbois n°2012_519/Ph1 et n°2012_519/Ph2).

Le diaphragme est réalisé en toute circonstance par la dalle béton ferrailée et ancrée sur appui. La liaison des fers armant le mur doit donc être vérifié avec l'ancrage du treillis d'armature de la D-Dalle.

Dans le cas d'une liaison sur mur béton ou maçonné, le treillis de la D-Dalle ou les fers de liaisons sont ancrés dans les chaînages périphériques.

Dans le cas d'un mur ossature bois. La dalle béton est ancrée sur appui au moyen de tires fonds assurant la jonction entre le mur bois et la dalle béton. Le treillis doit également filer sur appui et encadrer les tires fonds.

La planéité du plancher devra être conforme au NF DTU 21.

Le type de complexe d'étanchéité ainsi que les modes de liaisonnement devra être conforme aux référentiels appropriés (pare-vapeur, isolant, revêtement d'étanchéité, protection éventuelle).

En cas d'utilisation en zones sismiques pour lesquelles des dispositions sont requises au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, les fonctions diaphragme, tirants-butons et l'intégrité suite au séisme doivent être clairement vérifiées.

Les effets des actions sont calculés sur la base d'une analyse élastique linéaire suivant la méthode des forces latérales équivalentes du §4.3.3.2 ou de la réponse modale du §4.3.3.3 de la norme NF EN 1998-1 selon la régularité en plan et en élévation du bâtiment.

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

- La fonction diaphragme ne peut être assurée que par la table de compression d'épaisseur 70 mm minimum conformément à l'article 5.10 de la norme NF EN 1998-1.
- Les diaphragmes doivent pouvoir transmettre, avec une sur-résistance suffisante, les effets de l'action sismique aux divers contreventements auxquels ils sont liés ; cette prescription est considérée comme satisfaite si, pour effectuer les vérifications de résistance appropriées, les effets de l'action sismique sont multipliés par un coefficient de sur-résistance γ_d défini dans la norme NF EN 1998-1 § 4.4.2.5. La dalle béton et les connecteurs devront être dimensionnés en prenant respectivement en compte un coefficient de sur-résistance $\gamma_d=1,3$ et $\gamma_d=1,1$.
- Les sections d'armatures disposées dans la table de compression (armatures principales et armatures de répartition) sont calculées en fonction des charges à supporter. Ces armatures placées en chapeau sont à ancrer en rive en majorant de 30% la longueur d'ancrage déterminée en situation non sismique dans des chaînages périphériques en béton armé coulés en œuvre, disposés pour véhiculer les actions horizontales sismiques aux éléments de contreventement verticaux. Il doit exister d'une part un chaînage périphérique continu, d'autre part un chaînage au croisement de chaque élément de contreventement avec le plancher.
- Les renforts des trémies doivent être dimensionnés pour transmettre les efforts aux éléments de contreventement. Le diaphragme doit être dimensionné en conséquence.
- Les dalles béton doivent être ancrées sur appui (cas des appuis béton et 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 chaînages doit présenter une résistance en traction minimale de 70 kN cf. au §9.10.2.2 de la norme NF EN 1992-1-1.
- Dans le cas des constructions à structure principale Bois, on pourra se référer au chapitre 8 de la norme NF EN 1998-1 et justifier la liaison du diaphragme horizontal par les assemblages des solives aux éléments de stabilité verticale. Il ne sera pas nécessaire de respecter l'alinéa (2)P du §8.5.3 si les dispositions de ferrailage pour la dalle données dans l'article 5.10 de la norme NF EN 1998-1 sont respectées.

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

2.7.7. Cas des toitures-terrasses isolées étanchées, inaccessibles, techniques et végétalisées, en France européenne

Lors de la mise en œuvre du complexe d'étanchéité, la dalle béton D-DALLE doit respecter le délai de prise de 28 jours minimum et être propre.

Dès lors qu'un liaisonnement par adhérence est envisagé (pare-vapeur ou revêtement d'étanchéité), un contrôle d'humidité du support D-DALLE doit être réalisé avant leur mise en œuvre à raison de 3 mesures de contrôle au moins par chantier et 3 mesures de contrôle au moins par tranche de 500 m². Le taux d'humidité doit être inférieur à 4.5% mesuré à la bombe à carbure selon le Cahier du CSTB 3680.

Les prescriptions complémentaires suivantes s'appliquent au plancher :

- La planéité de l'élément porteur doit être conforme au DTU 20.12.
- La pente de l'élément porteur D-Dalle (hors béton) est $\geq 3\%$ sur plan et au maximum de 5 %.
- Le pontage des appuis est nécessaire comme prévu pour les planchers de type D du DTU 20.12.
- Les reliefs en béton solidaires du plancher sont conformes au DTU 20.12 et à son amendement A2.

Peuvent être mis en œuvre sur l'élément porteur D-Dalle les complexes d'étanchéité, les procédés isolants support et les procédés d'isolation inversée conformes aux « Règles professionnelles Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de Juillet 2021 et aux Règles Professionnelles « Isolation inversée de toiture-terrasse » de Juin 2021, et certifiés Acermi pour les spécifications prévues par les règles, en respectant les préconisations suivantes :

- Les fixations mécaniques du revêtement d'étanchéité ou de l'isolant support sont exclues.
- Les Systèmes d'Etanchéité Liquide (SEL) sont exclues.

La résistance thermique de l'isolation support d'étanchéité ou l'isolation inversée doit être supérieure ou égale en climat de plaine, à deux fois (règle des 2/3 - 1/3) la résistance thermique du plancher D-Dalle (calculée selon son épaisseur avec $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$) et à trois fois (règle de 1/4 - 3/4) en zone très froide.

Le principe de mise en œuvre d'une isolation thermique en sous-face ou entre les nervures du procédé D-DALLE n'est, ni prévue, ni admise, dans le présent AVIS.

L'implantation des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales doit être faite conformément à l'annexe E du NF DTU 43.3 P1-1 d'avril 2008.

La résistance au vent des complexes d'étanchéité est celle indiquée dans leur Avis Techniques.

Les Documents Particuliers du Marché (DPM) précisent, lorsqu'il y a en toiture des équipements qui justifient le traitement de la toiture en zone(s) technique(s), l'implantation et la surface de ces zones.

La surface unitaire de la zone technique ou de chaque partie constituant chaque zone technique ne sera jamais inférieure à 200 m².

Dans le cas de terrasses et toitures végétalisées, les charges de Capacité Maximale en Eau (C.M.E.) du système de végétalisation devront être prises en compte. Ces charges sont indiquées dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

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/m² pour le dimensionnement du plancher, puisque le fluage est pris en compte dans son dimensionnement (cf. annexe).

2.7.8. Toitures inaccessibles et techniques en climat de montagne

Le procédé peut être utilisé pour des toitures en climat de plaine (altitude $\leq 900 \text{ m}$) ou de montagne (altitude $> 900 \text{ m}$) :

- Les conditions prévues par le paragraphe du présent document et par la norme NF DTU 43.11 s'appliquent.
- La résistance thermique de l'isolation support d'étanchéité ou l'isolation inversée doit être supérieure ou égale en climat de montagne, à trois fois (règle des 3/4 - 1/4) la résistance thermique du plancher D-Dalle (calculée selon son épaisseur avec $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$).

2.7.9. Dispositions particulières aux toitures-terrasses accessibles aux piétons et au séjour avec dalles sur plots

En terrasses accessibles aux piétons et au séjour, l'ouvrage de toiture est constitué de la manière suivante :

- Plancher D-Dalle support d'étanchéité (élément porteur) ;
- Couche de protection du plancher servant de pare-vapeur ;
- Isolation thermique non porteur ;
- Revêtement d'étanchéité bicouche en bitume modifié faisant l'objet d'un DTA pour l'emploi sur élément porteur en maçonnerie sur support isolant en terrasses accessibles avec protection par dalles sur plots.

L'emploi en terrasses accessibles aux piétons et au séjour est prévu par le Dossier Technique avec une constitution particulière du système d'étanchéité couche de protection/isolant/bicouche, protégé par des dalles sur plots, en respectant les prescriptions ci-après.

Le maître d'ouvrage devra prévoir dans les DPM des descentes d'eaux pluviales visibles par l'occupant et permettant ainsi de s'assurer de l'absence de pénétrations d'eau en points bas de la toiture (descente d'eaux pluviales spécifiques selon l'annexe 8 du Dossier Technique).

2.7.9.1. Couche de protection de l'élément porteur

Après pontage des appuis selon le DTA du revêtement, l'élément porteur reçoit une couche de protection formée :

- Soit d'une feuille monocouche en bitume modifié, faisant l'objet d'un DTA en tant que revêtement d'étanchéité visant la pose directe sur supports en béton, en climat de plaine uniquement.
- Soit d'un revêtement d'étanchéité bicouche en bitume modifié, utilisé sans autoprotection, faisant l'objet d'un DTA visant les supports en béton, en climat de plaine ou de montagne.

Soit la feuille monocouche est mise en œuvre sur un EIF par soudage au chalumeau à flamme en pleine adhérence, avec une largeur de recouvrement des lés conforme à son DTA.

Soit le revêtement bicouche est mis en œuvre sur EIF en adhérence totale par auto-adhésivité ou par soudage au chalumeau à flamme (avec une largeur minimale de recouvrement des lés de 6 cm).

Cette couche de protection fait office de pare-vapeur.

La couche de protection est relevée 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.

Dans le cas des ouvrages prévus en climat de montagne, la couche de protection devra présenter une performance renforcée à la résistance à la diffusion de vapeur d'eau, en utilisant une feuille comportant une feuille aluminium intégrée.

2.7.9.2. Support isolant thermique porteur

Sont admis les panneaux isolants thermiques conformes aux « Règles professionnelles Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » de Juillet et certifiés Acermi pour les spécifications prévues par les règles, en terrasses accessibles avec protection par dalles sur plots, à base de :

- Polyuréthane parementé ;
- Polyisocyanurate parementé ;
- Perlite expansée (fibrée) ;
- Polystyrène expansé.

Les panneaux isolants sont mis en œuvre conformément aux règles professionnelles, en pose libre.

Cas particulier de l'isolant en verre cellulaire

Dans le cas d'un panneau isolant en verre cellulaire, la mise en œuvre est réalisée en pose collée conformément à son DTA, avec une finition de la couche de protection grésée ou sablée définie au paragraphe 2.7.9.1.

2.7.9.3. Revêtement d'étanchéité

Sont admis les revêtements d'étanchéité bicouches en bitume modifié faisant l'objet d'un DTA pour l'emploi sur élément porteur en maçonnerie, sur support isolant tel que défini dans le paragraphe précédent, en terrasses accessibles avec protection par dalles sur plots.

2.7.9.4. Traitement des relevés

La couche de protection (cf. paragraphe 2.7.9.1 du présent document) est relevée suffisamment pour permettre un recouvrement avec le revêtement d'étanchéité d'au moins 6 cm.

Le relevé étanché est protégé en tête selon le NF DTU 43.1 ou selon les dispositions prévues dans le DTA du revêtement d'étanchéité (cf. Annexe 4).

2.7.9.5. Dispositions d'évacuation des eaux pluviales

Cf. Annexe 8

Les descentes d'eaux pluviales doivent être visibles par l'occupant, permettant ainsi de les alerter d'une infiltration d'eau éventuelle.

Elles sont traitées par un manchon relié à la couche de protection soudée à l'élément porteur et par une descente reliée au revêtement d'étanchéité sous les dalles sur plots.

2.7.9.6. Joint de dilatation (cf. Annexe 9)

Les supports sont réalisés conformément à la norme DTU 20.12.

L'étanchéité du joint sur costière béton est réalisée par un procédé sous Avis Technique compatible avec l'étanchéité de partie courante.

2.7.9.7. Protections par dalles sur plots

Sont admises les protections en dalles sur plots définies dans le NF DTU 43.1 et dans le DTA du revêtement d'étanchéité.

La pente nulle n'est pas visée (Cf. §2.7.7).

2.7.10. Cas de la réfection ultérieure du système d'étanchéité

a) Élément porteur : les études préalables prescrites doivent être conformes au paragraphe 5 de la norme NF DTU 43.5.

Ces études sont à la charge du maître d'ouvrage. Elles ne sont pas de la compétence du lot d'Étanchéité.

b) Systèmes d'étanchéité : l'emploi d'attaches de fixation mécanique pour la liaison des panneaux isolants, et/ou celle des kits des systèmes souples d'étanchéités, est exclu.

c) Il est rappelé qu'il appartient au maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de la norme NF DTU 43.5 vis-à-vis des risques d'accumulation d'eau.

2.7.11. Évacuation des eaux pluviales

L'implantation des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales devra être conçue et réalisée conformément à l'annexe E du NF DTU 43.3 P1-1.

Les noues à pente nulle sont possibles dans le cas des planches du procédé D-Dalle posées perpendiculairement (ou de biais) à la noue.

Lorsqu'elles sont posées parallèlement à la noue :

- Soit la noue est à pente nulle.

Dans ce cas :

- soit les naissances sont placées en milieu de chaque portée ;
- soit les naissances sont placées près des appuis et alors des dispositions devront être prises pour éviter l'effondrement de la toiture sous l'effet d'accumulation d'eau et de neige en appliquant les différents EC1 et en effectuant les calculs prévus dans le présent Avis Technique.
- Soit la noue est à pente comprise entre 0,5 % et 1,5 % exclu, ce cas n'est pas prévu dans le présent Avis Technique.
- Soit la noue est une pente $\geq 1,5$ %. Dans ce cas, les EEP sont à placer aux points bas de la noue et sont doublées.

2.8. Disposition de mise en œuvre

2.8.1. Constructions neuves

2.8.1.1. Eléments préfabriqués

La prédalle bois est assemblée en atelier sur une largeur de 1.14 m environ pour servir ensuite de coffrage à la dalle béton.

Seules les entreprises bénéficiant de la licence d'exploitation pourront réaliser la D-Dalle. Ces entreprises devront posséder un système de suivi qualité permettant de connaître les différentes caractéristiques des éléments (bois, béton) au cours de la fabrication et ainsi respecter les exigences requises.

La manutention des éléments préfabriqués sera réalisée avec des élingues en textile pour éviter de marquer le bois. Les points d'ancrage devront permettre d'éviter tout moments négatifs dans cette dernière.

Le stockage en atelier et sur site respectera les règles de bases pour garantir une stabilité optimale, ensuite les D-Dalles reposeront obligatoirement sur deux appuis de la largeur de l'élément unitaire.

La fabrication des prédalles est effectuée en usine exclusivement, à partir de bois résineux de la classe C24 au minimum, feuillus de la classe D24 au minimum, selon la norme NF EN 338 ou GL24 au minimum selon la norme NF EN 14080. Aucune certification de produit n'est exigée.

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

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

Les connecteurs métalliques sont enfoncés en force dans des rainures réalisées préalablement en usine par un trait de scie. Leur nombre et leur position sont déterminés selon les efforts tranchant à reprendre et la capacité résistante du bois. Les connecteurs sont mis en œuvre sous le contrôle exclusif de la société CONCEPTS BOIS STRUCTURE

Le plan d'assurance qualité fourni par le titulaire prévoit que la pose du connecteur soit exclusivement réalisée dans un atelier identifié.

Le suivi de fabrication des connecteurs est assuré exclusivement par la société Ecotim à La Rochette (74). Le suivi de la production est assuré dans le cadre des procédures internes d'autocontrôle.

La préfabrication des modules de dalles bois est assurée exclusivement par la société Ecotim dans son usine de La Rochette (74). Cette fabrication comporte notamment :

- La préparation et l'assemblage des planches de bois ;
- La réalisation du trait de scie pour le connecteur bois-béton ;
- Le positionnement des éventuels cales et isolant (décrits au §2.2.2.1) en fond d'onde de dalle bois.

La mise en œuvre des dalles préassemblées (planches de bois assemblées entre elles et connecteurs bois-béton positionnés) peut être assurée par des entreprises de maçonnerie ou de charpente qualifiées et formées. Le titulaire du présent Avis Technique devra néanmoins assurer le dimensionnement et être en mesure de proposer une assistance technique pour la mise en œuvre finale du procédé de plancher D-DALLE. La société CBS a mis en place des protocoles d'étalement et de désétalement. Ceux-ci sont des jalons de validation indispensable pour toute action sur chantier.

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

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

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

Les joints de dilatations sont conçus conformément aux prescriptions de la norme NF EN 1992-1-1 et son AN en planchers intermédiaires et à la norme DTU 20.12 en toitures.

2.8.1.2. Sur chantier

Seules les entreprises compétentes, respectant les normes NF EN 1995-1 et NF EN 1992-1-1 ainsi que les DTU associés et possédant la licence d'utilisation (validation du protocole de coulage puis du protocole de désétalement par Concepts Bois Structure) pourront réaliser les opérations de montage.

Dans le cas de réalisation de plancher mixte, la prédalle bois sera soit assemblée sur chantier soit livrée directement assemblée. Les connecteurs seront implantés.

Ensuite, la dalle bois réalisée sera étayée en fonction des efforts et de la portée pour assurer sa stabilité en phase provisoire. Phase durant laquelle le béton ne travaille pas et l'ensemble des efforts sont récupérés par la structure bois.

Un plan d'étalement sera fourni par Concepts Bois Structure.

Le béton est coulé de manière classique en une seule phase pour chaque zone de coulage composée de prédalles bois assemblées. On peut également utiliser des bétons auto plaçant qui facilitent la mise en œuvre.

Pour assurer une bonne répartition du béton entre les planches de la prédalle bois et dans les percements des connecteurs, le béton coulé en place doit avoir une consistance minimum de S4 au sens de la norme NF EN 206/CN.

Le béton coulé en œuvre a une granulométrie qui n'excède pas 16 mm.

Pour assurer une liaison satisfaisante entre prédalles voisines (côte à côte), le treillis soudé de la dalle en béton doit présenter une section d'acier d'au moins 1,19 cm² (PAF 10) perpendiculairement à la portée, par mètre de portée.

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

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

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

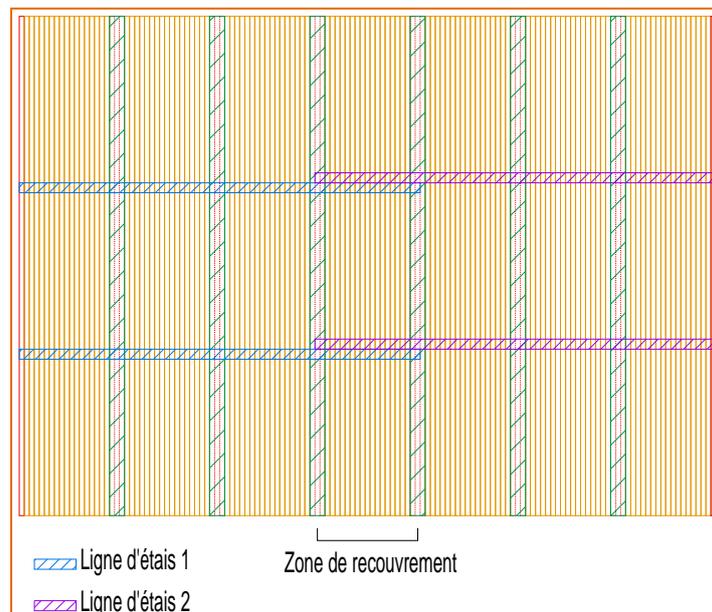
Un temps de prise de 28 jours sera nécessaire pour garantir un bon fonctionnement de l'ensemble (sachant que 90% des caractéristiques mécaniques est atteint à 21 jours).

Le protocole d'étalement et de désétalement doit suivre les principes décrits par la société CBS dans son plan qualité de mise en œuvre notamment les points suivants :

Etalement :

Une ou deux lignes d'étais sont à prévoir avant de poser les modules de prédalle selon plan de pose de CBS. Il peut être prévu de monter les étais par rapport au niveau théorique une fois la prédalle posée, afin de créer une contre flèche avant coulage du béton. On veillera à protéger soigneusement la liaison étau / dalle bois.

L'étalement sera posé sur un support continu (type poutre) afin de bien répartir l'appui provisoire. Un recouvrement d'un module sera effectué à chaque changement de poutre (cf. schéma ci-après).



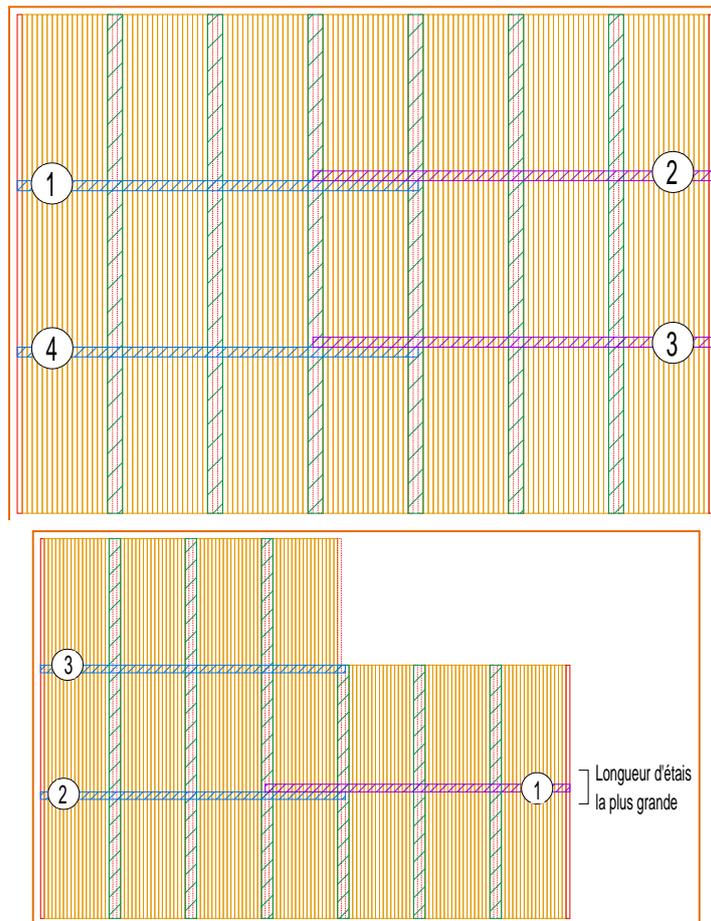
Désétalement :

La première étape consiste à repérer les fissures et microfissures existantes avant le désétalement. Les zones à vérifier particulièrement sont les suivantes : joints de module / périphérie de la zone et appuis / chevêtres. En cas de fissures anormales, il faut impérativement les signaler au bureau d'étude CBS et prendre des photos pour garder une trace des anomalies et illustrer ses propos. Dans ce cas-là, le désétalement ne sera fait qu'après accord de CBS.

Dans tous les cas, le désétalement s'effectue dans l'ordre suivant :

- Repérage de la plus grande longueur d'étalement (si la zone n'est pas rectangulaire)
- Désétayer d'1/2 tour les éléments de cette rangée
- Passer à l'autre longueur d'étais et faire la même opération
- Répéter les 2 dernières opérations jusqu'à désétalement total de la dalle

Le désétalement est fait de manière progressive et en effectuant une rotation autour de la pièce. Les 2 schémas ci-après illustrent l'ordre de désétalement (de 1 à 4).



Dans les cas particuliers (forme spéciale, plus de 2 rangées d'étais...) le bureau CBS fournit un plan de désétalement.

A la fin du désétalement, il est nécessaire de reconstruire l'état de la dalle béton et de répertorier les désordres éventuels. Si c'est le cas, CBS doit être immédiatement prévenu avec l'appui de photos et le bureau d'étude donnera les éventuelles directives à suivre.

Des photographies peuvent aussi être prises dans le cas courant (pas de désordre particulier) afin d'attester le bon désétalement.

La mise en œuvre du procédé de plancher est faite par le lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre).

La Société CONCEPTS BOIS STRUCTURE apporte son assistance technique sur demande (cf. §2.10).

Tous les percements réalisés pendant le chantier, et quelles que soient leurs dimensions, ne peuvent l'être que par le lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre) et uniquement après accord du bureau d'études de structure et/ou de la Société CONCEPTS BOIS STRUCTURE.

Les réservations et/ou percements ne peuvent pas être réalisés par un autre corps d'état.

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

2.8.1.3. Conditions d'exécution

La conception et le calcul des planchers sont exclusivement réalisés par la société CONCEPTS BOIS STRUCTURE.

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

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

- Notice "Protocole de réception avant coulage" et notice "Protocole de désétalement" ;
- Les indications données dans le plan de pose établi par la société CONCEPTS BOIS STRUCTURE, doivent être complétées par le bureau d'études chargé de l'exécution du bâtiment en ce qui concerne les poutres, les chaînages, les trémies et chevêtres et, plus généralement les autres parties en béton armé coulées en œuvre ;
- L'attention du responsable de la construction (entreprise générale, maître d'œuvre, etc. selon les cas) est attirée sur la nécessité de faire vérifier, au niveau des études, la compatibilité de la mise en œuvre de divers éléments, des armatures et équipements et de faire assurer la coordination dans les cas où la construction est composée de plusieurs fournitures d'éléments préfabriqués ;
- 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.

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

Le levage et le déplacement des prédalles sont réalisés par des sangles textiles dont les points de fixation sont positionnés afin de ne pas générer des efforts parasites et une flexion transversale des prédalles bois (interposition de cales, ...).

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

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

Les précautions particulières décrites au §2.8.1.2 du Dossier Technique doivent être prises lors de la séquence de désétalement. La société CBS sera systématiquement présente lors de cette phase.

2.8.1.4. Plancher support d'étanchéité

Le lot Structure (ou Charpente, ou Gros-œuvre) assure :

- 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 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.

La mise en œuvre des systèmes d'étanchéité est faite par les entreprises d'étanchéité qualifiées.

Sous cette condition, la mise en œuvre des systèmes d'étanchéité sur le procédé D-Dalle ne présente pas de difficulté particulière.

En aucun cas, les réservations et/ou percements ne sont réalisés par le lot Étanchéité.

2.8.1.5. Protection des éléments D-DALLE

Lorsque les éléments D-DALLE sont entreposés sur chantier, il est impératif de les protéger contre la pluie, les projections d'eau et de l'humidité par des bâches de protection ou des planches de protection. Il convient de prendre les dispositions nécessaires sur chantier afin de prévenir des reprises d'humidité trop importante ;

Les éléments ne doivent pas être posés directement sur le sol, afin d'éviter les salissures et les reprises d'humidité, ni sur une surface non plane qui peut provoquer des déformations ;

2.8.2. Les réhabilitations

Ce système de plancher mixte peut aussi être utilisé dans le renforcement d'un solivage existant. Le système D-Dalle sera la structure porteuse principale soulageant ainsi le précédent plancher.

2.9. Performances thermiques

2.9.1. Résistance thermique du plancher

La résistance thermique du plancher est calculée au cas par cas en fonction des dimensions de celui-ci.

Les paramètres principaux influençant la résistance thermique sont le recouvrement entre les planches, l'épaisseur de béton, et la présence (ou non) de cales en fond d'onde.

L'isolation continue en surface du plancher doit présenter une résistance thermique 2 fois supérieure à celle du plancher (bois + dalle).

2.9.2. Exemple de calcul thermique du plancher isolé

Un exemple de calcul est présenté en annexe 10.

2.10. Assistance technique

La conception et le calcul des planchers D-DALLE ainsi que la fourniture d'un plan de pose complet de la structure sont à la charge du Bureau d'Études CBS. Le service d'assistance technique fournit sur demande une assistance technique en phase de conception et de préparation à l'exécution de la structure.

2.11. Mention des justificatifs

2.11.1. Résultats Expérimentaux

Essais mécaniques

Statiques

Rapport d'essais N° 3350.2-V2.1 : Essais de flexion en laboratoire sur une D-Dalle type échelle 1 réalisés en mai 2003 à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), à l'IBOIS, chaire de la construction bois.

Rapports d'essai CSTB N° EEM 06 26001235, N° 06 26001235, N°06 26003174 de 2006. Essais de cisaillement bois-connecteur. Comportement du connecteur seul.

Rapport d'essai CSTB EEM 11 26032820 : Flexion sur D-DALLE Pleine.

Rapport d'essai CSTB EEM 11 26035089 : Flexion sur D-DALLE partielle type Solium.

Rapport d'essai : CRITT Bois n° 2012_519/Ph1 Essais statiques sur connexion bois-bois de la prédalle

Rapport d'essai : CRITT Bois n° 2012_519/Ph2 Essais statiques sur connexion bois-béton

Essais Cycliques

Rapport d'essai : CRITT Bois n° 2012_519/Ph1 Essais cycliques sur connexion bois-bois de la prédalle

Rapport d'essai : CRITT Bois n° 2012_519/Ph2 Essais cycliques sur connexion bois-béton

Essai résistance au feu

Rapport d'essais EF/FH/1117 ArGEnCo Université de Liège.

Appréciation de Laboratoire au feu n°AL18-224.Réaction au feu :

Plusieurs essais de réaction au feu de la partie bois formant le plafond ont été réalisés. ISSEP N°892-2010

Essais Acoustique

Rapport d'essai CSTB AC11 26032826. Essais sur plancher solium D-DALLE.

Essais institut Bauphysik 2005 S 9551-16, 17 et S 9551-18

- Essais sur D-DALLE pleine.

2.11.2. Références chantiers

Ecole maternelle, Saint-Jacques-de-la-Lande (35), 705 m² en plancher et toiture terrasse non accessible (2017)

Extension CCVL, Vaugneray (69), 340 m² en plancher (2018)

La Savoyarde, Séz (73), 65 m² en plancher (2018)

Pôle multiservices, Foncine-le-Haut (39), 185 m² en plancher (2018)

Internat d'excellence, Villeurbanne (69), 105 m² en plancher (2019)

Complexe scolaire, Dudelange (Luxembourg), 500 m² en plancher (2019)

Restructuration et extension de la mairie, Rignovelle (70), 40 m² en plancher (2020)

Centre de loisirs, Collonges (01), 160 m² en plancher (2020)

Crèche Marchal, Paris (75), 235 m² en plancher (2020)

Références en support d'étanchéité :

Groupe scolaire, Moissy-Cramayel (77), 1240 m² en toiture non accessible (2018)

Collège Roland Dorgelès, Longvic (21), 560 m² en plancher et toiture terrasse non accessible (2019)

Ecole élémentaire quartier Hoche, Grenoble (38), 95 m² en toiture non accessible (2020)

2.12. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

Annexe 1 : Coupes de D-DALLE complète et partielle

AXONOMETRIE D'DALLE

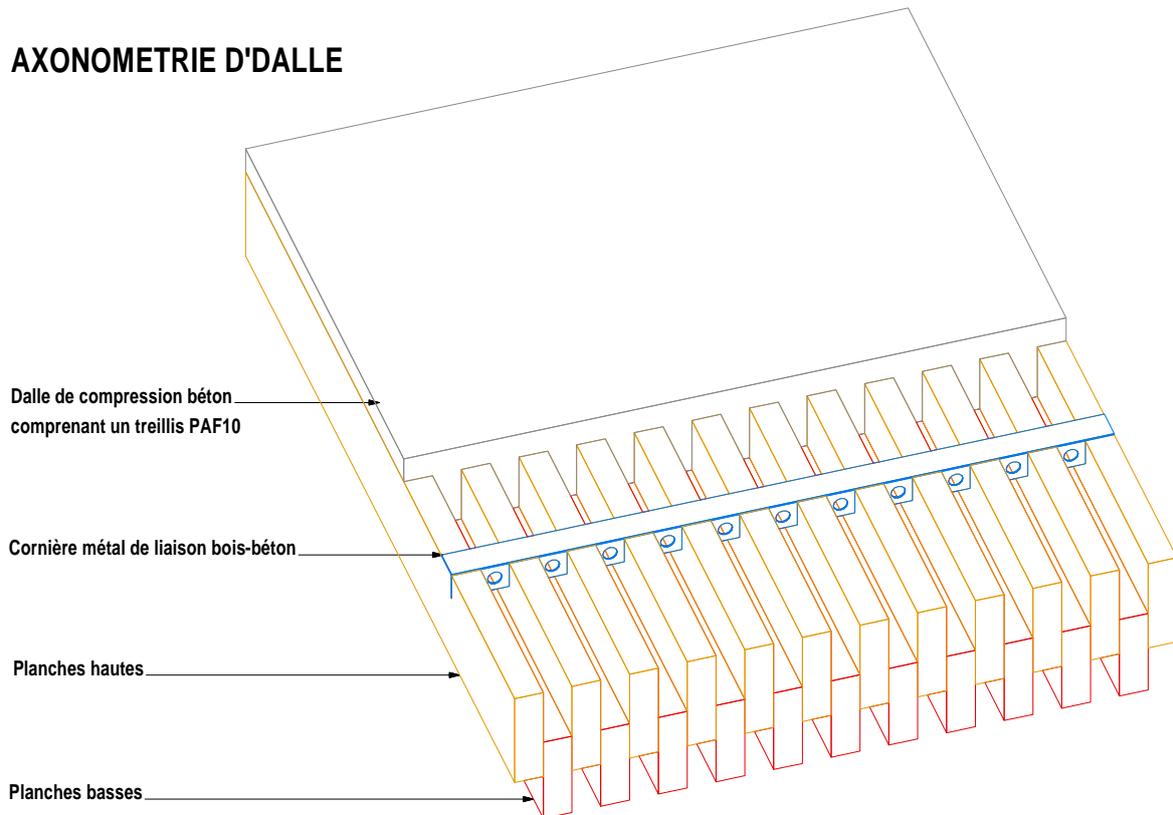


Figure 1 : Coupe type du système D-Dalle intégrant le connecteur de liaison bois-béton

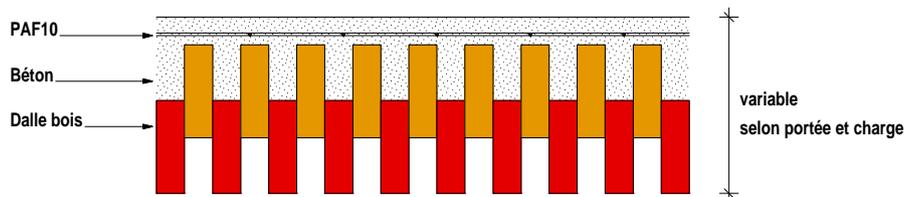


Figure 2a : Coupe type du système D-Dalle en partie courante

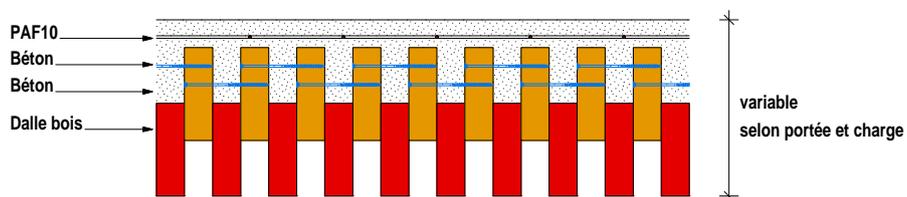


Figure 2b : Coupe type du système D-Dalle à mi-travée

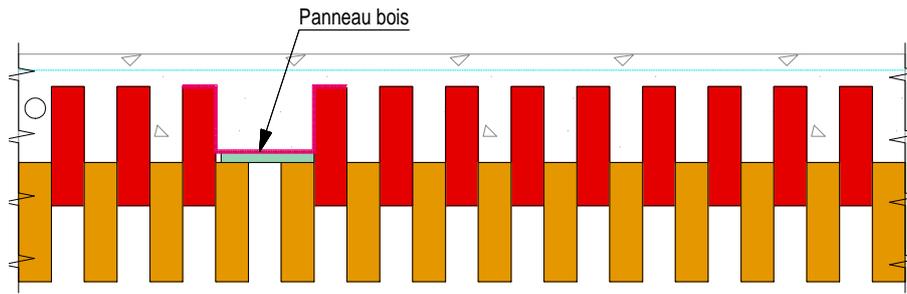
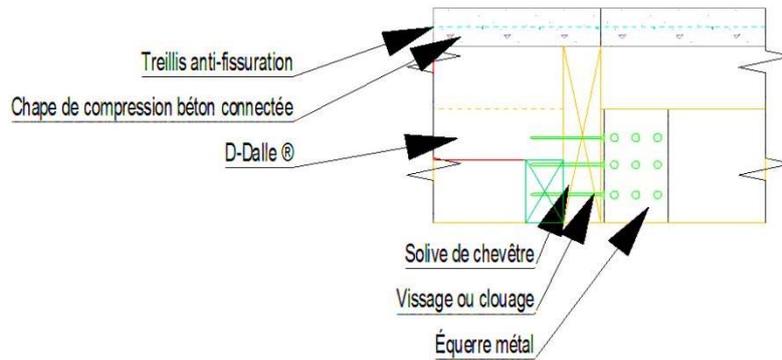


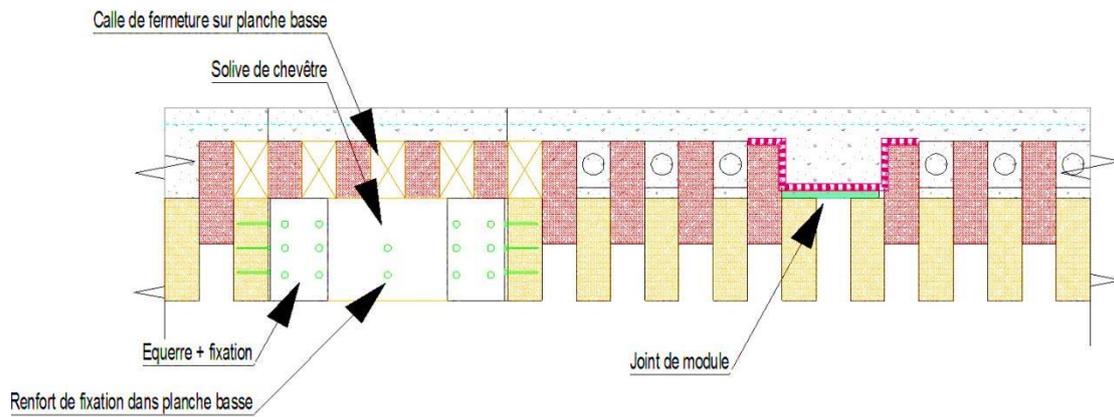
Figure 3 : Principe d'assemblages de D-DALLE

Annexe 2 : Modalités de réalisation des ouvertures

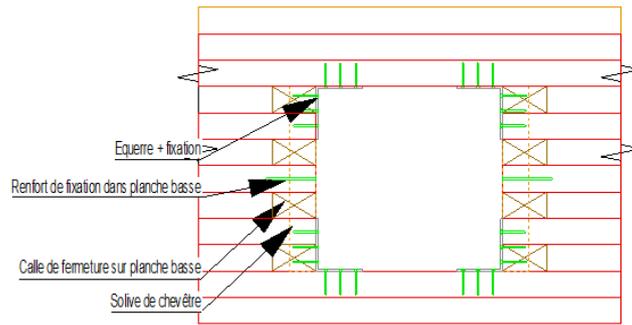
COUPE LONGITUDINALE



COUPE TRANSVERSALE



VUE EN PLAN - PREDALLE BOIS



VUE EN PLAN - CHAPE BÉTON

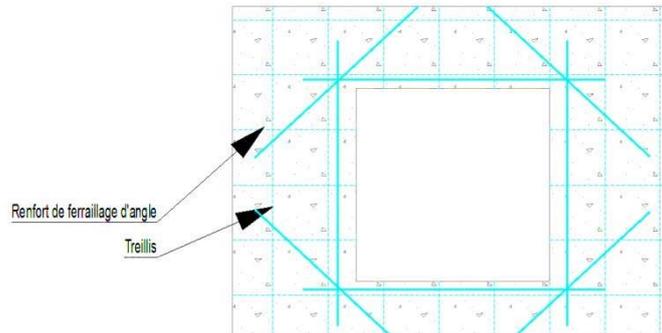
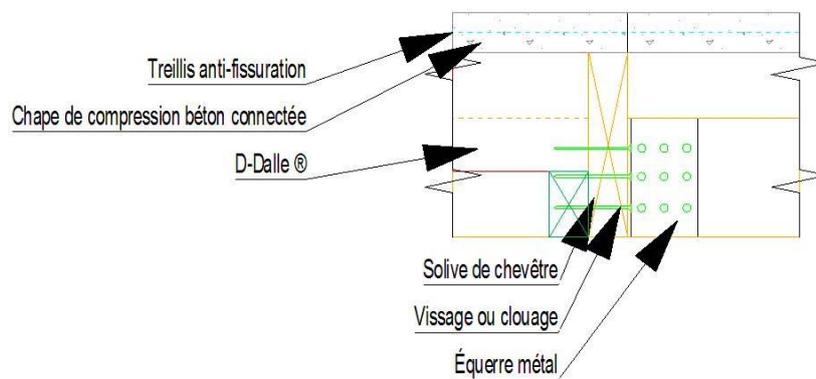
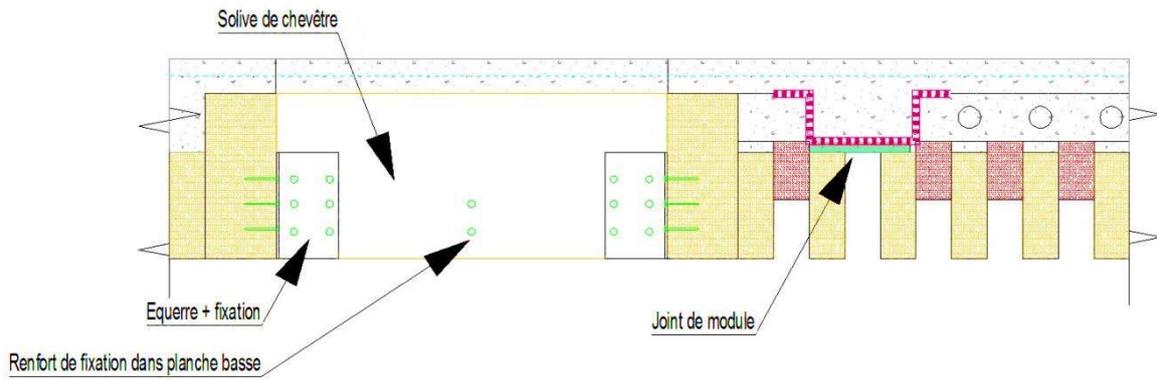


Figure 4 : Solutions pour des ouvertures comprises entre 180 et 600 mm

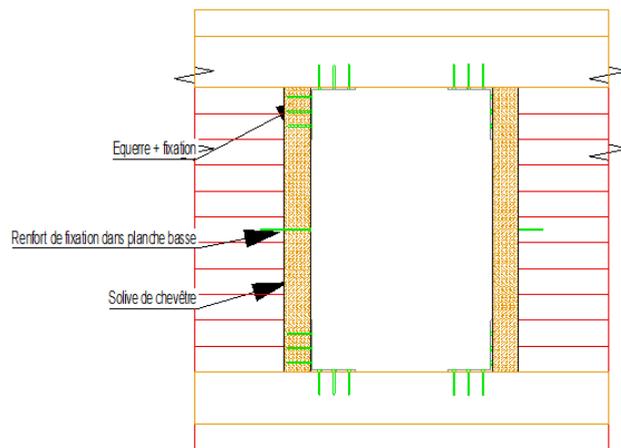
COUPE LONGITUDINALE



COUPE TRANSVERSALE



VUE EN PLAN - PREDALLE BOIS



VUE EN PLAN - CHAPE BÉTON

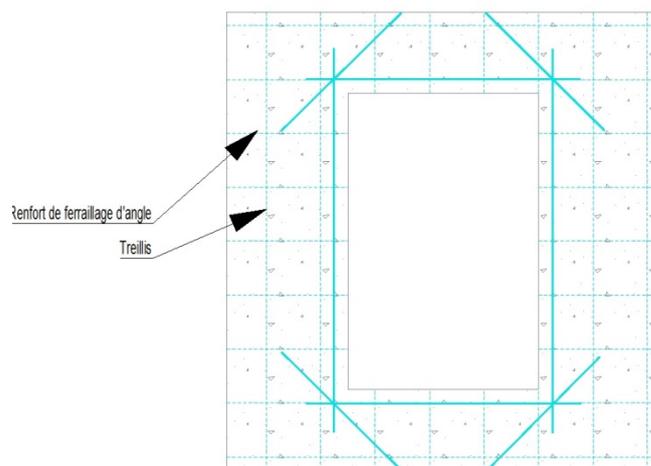


Figure 5 : Solution pour des ouvertures supérieures à 600 mm

Annexe 3 : Jonctions planchers-murs

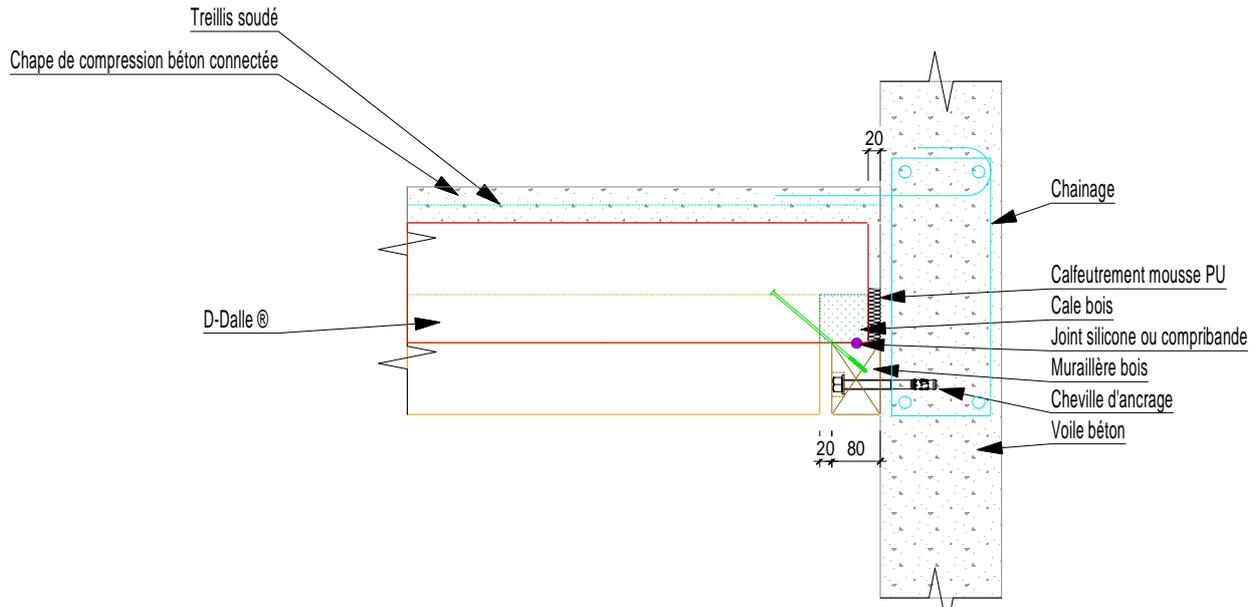


Figure 6 : Coupe longitudinale – détail d'appui sur muraillère bois

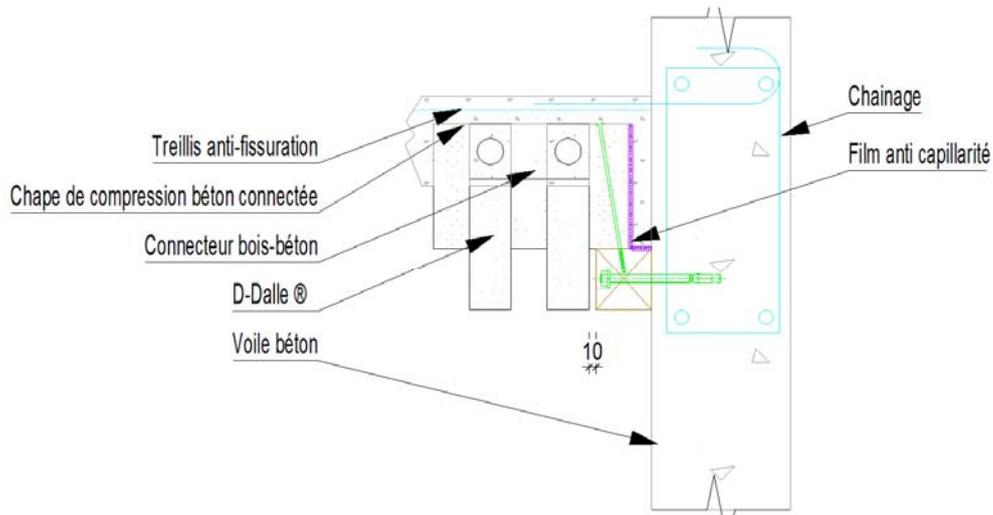


Figure 7 : Coupe transversale – détail d'appui sur muraillère bois

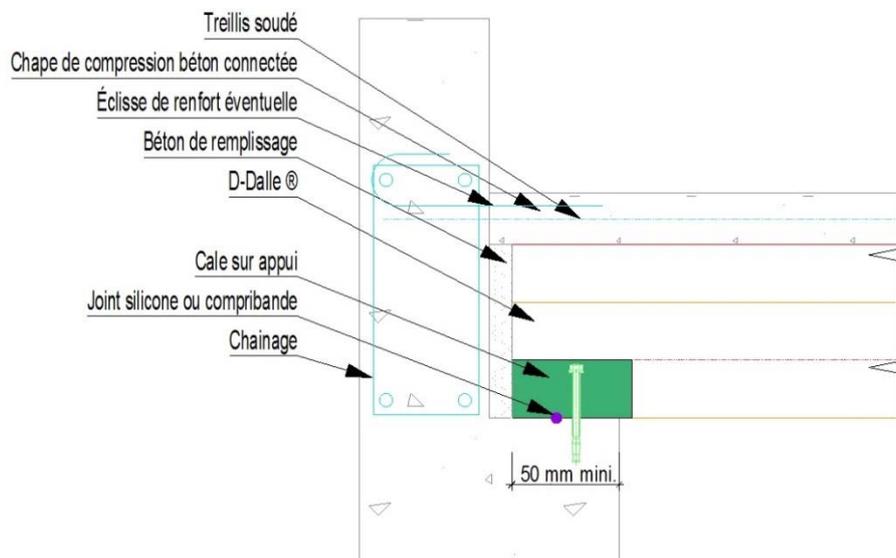


Figure 8 : Coupe longitudinale – détail d'appui sur murs maçonné - béton

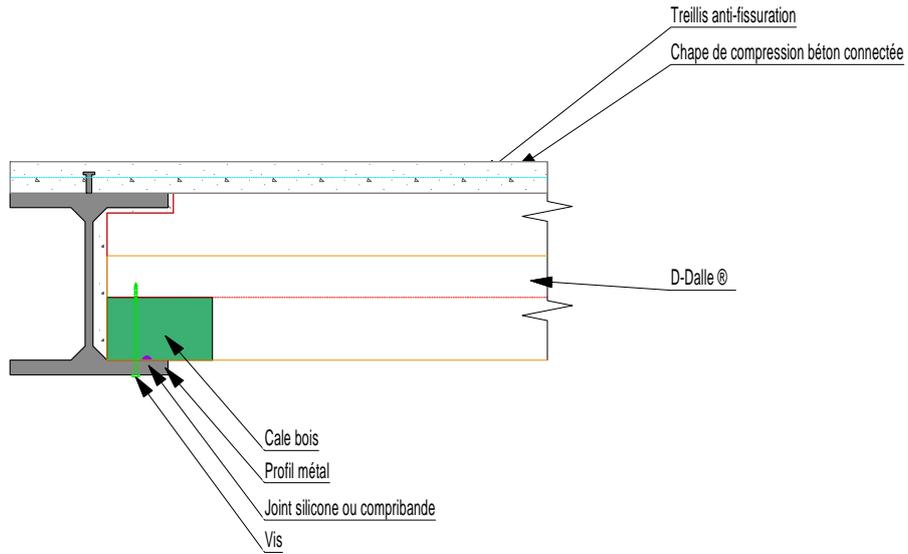


Figure 9 : Détail d'appui sur profilé métallique

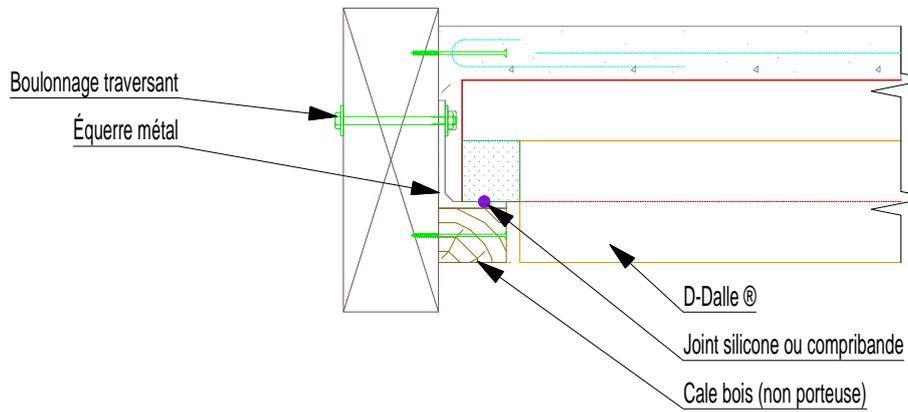


Figure 10 : Détail d'appui sur mur porteur bois par muraille

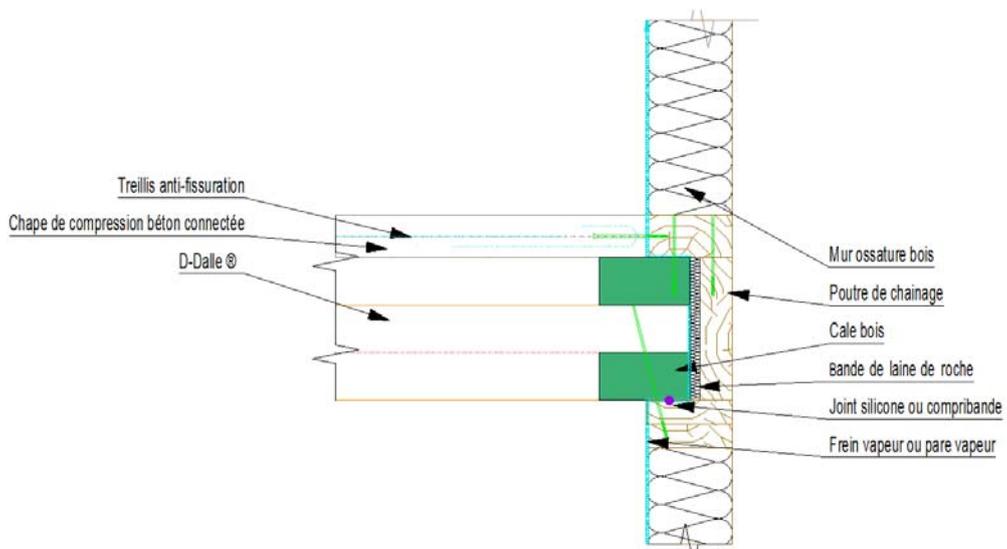


Figure 11 : Détail d'appui sur mur porteur bois

Annexe 4 : Supports d'étanchéités et acrotères

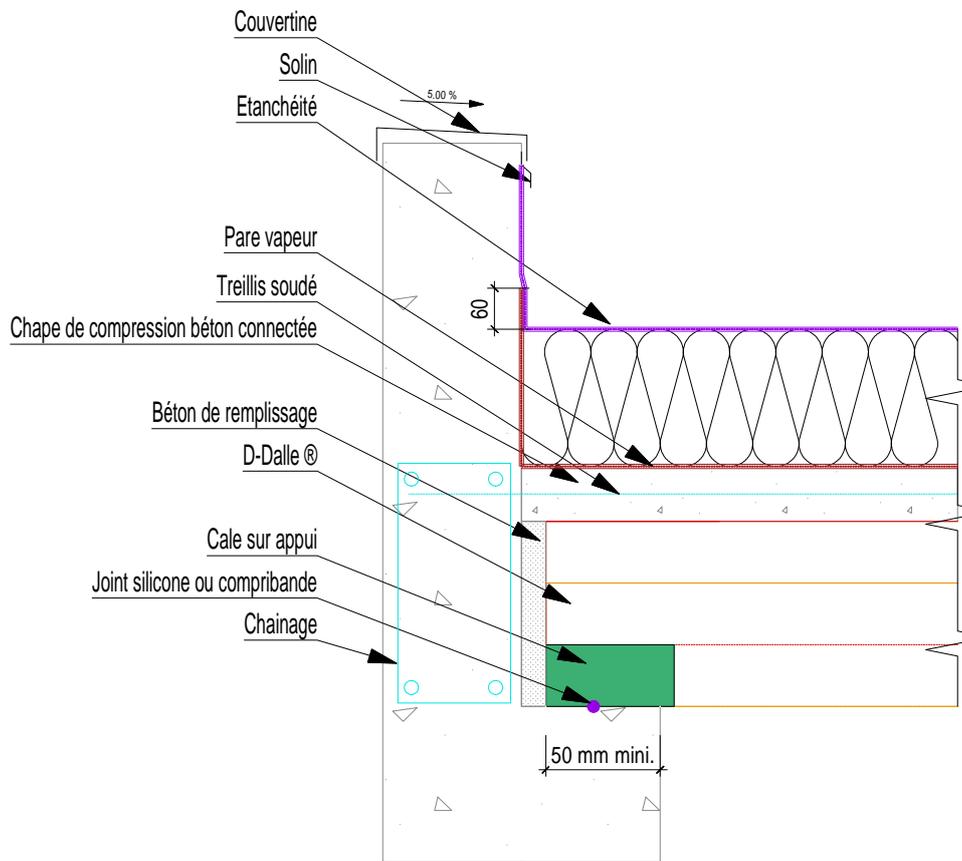
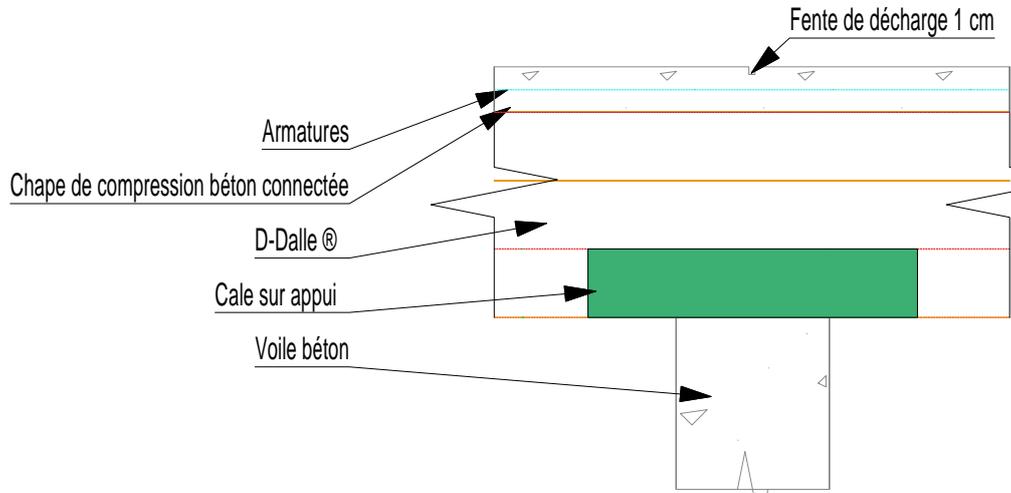


Figure 12 : Détail acrotères

Annexe 5 : Modalités de réalisation des appuis de continuités



Nota : Pour une utilisation en toiture, il est nécessaire de réaliser un pontage de l'étanchéité sur appuis

Figure 13 – Détail du traitement des appuis de continuités – système D-Dalle prolongé sur appuis

APPUI DE CONTINUITÉ - CONTINUITÉ DU BÉTON ET BOIS INTERROMPU

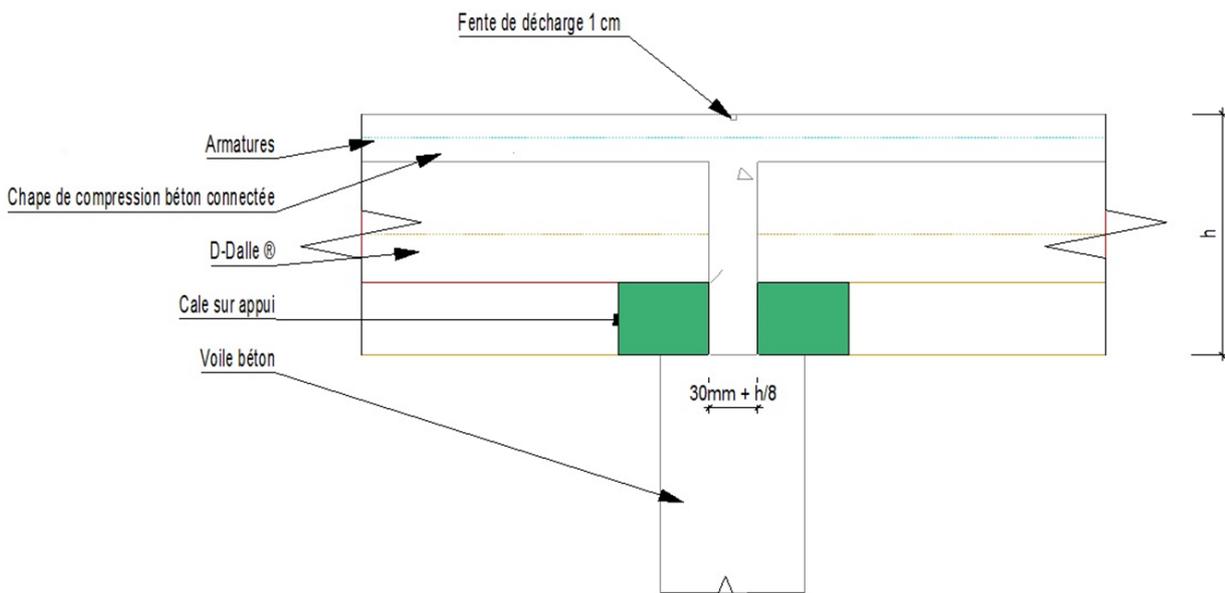


Figure 14 – Détail du traitement des appuis de continuités – système D-Dalle interrompu sur appuis

Annexe 6 : Détails sur vide sanitaire

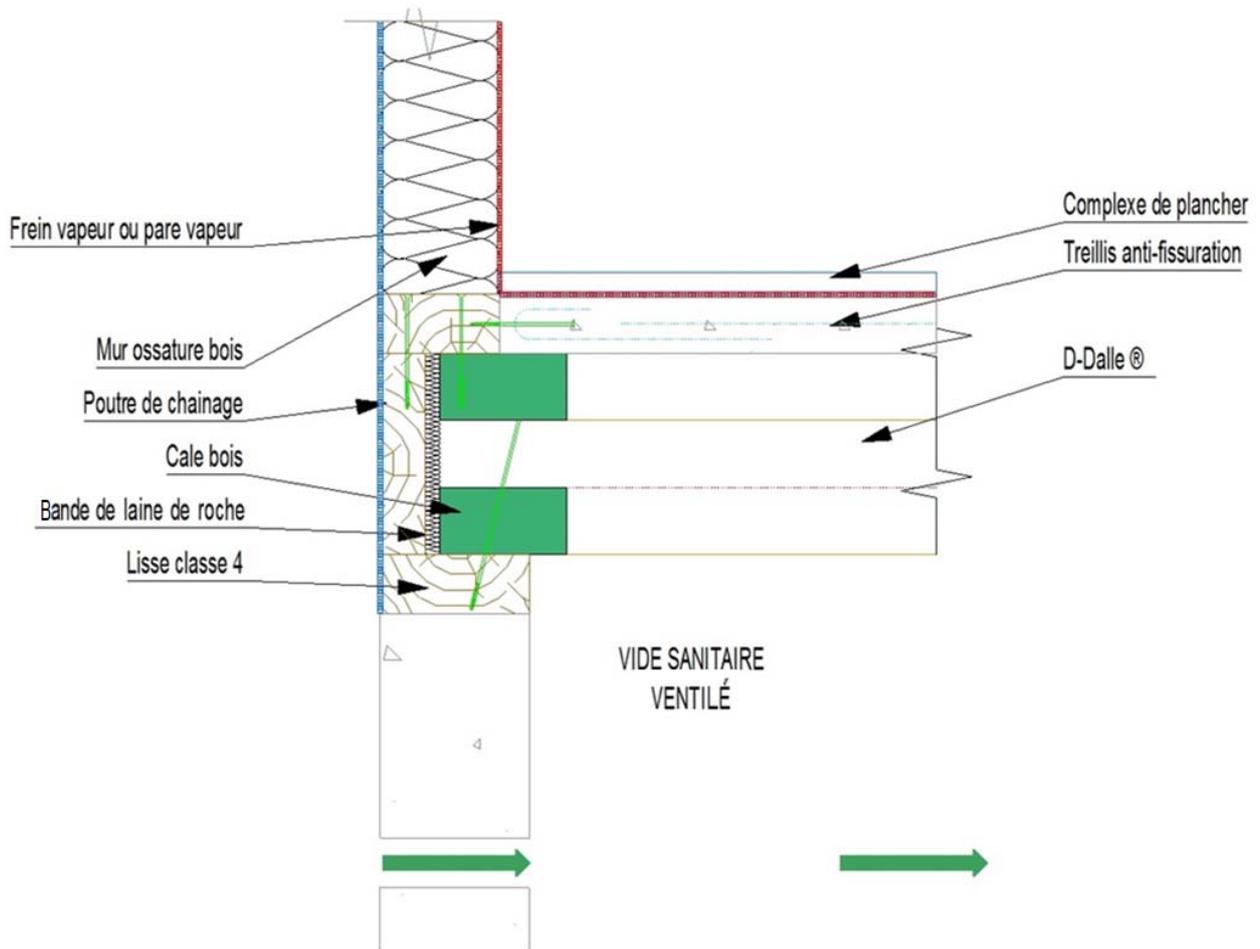
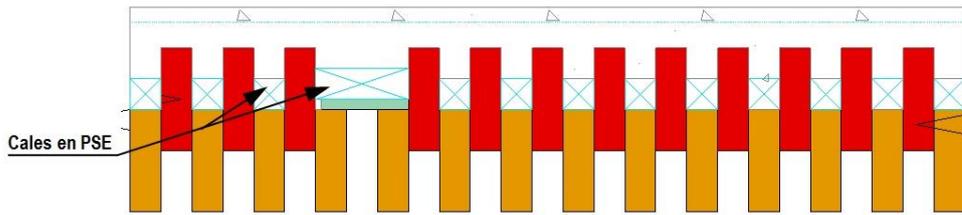
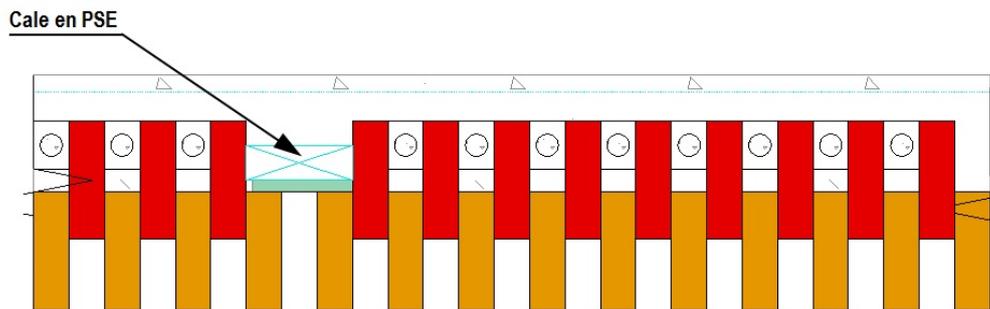


Figure 15 – Détail de la jonction plancher/mur sur vide sanitaire

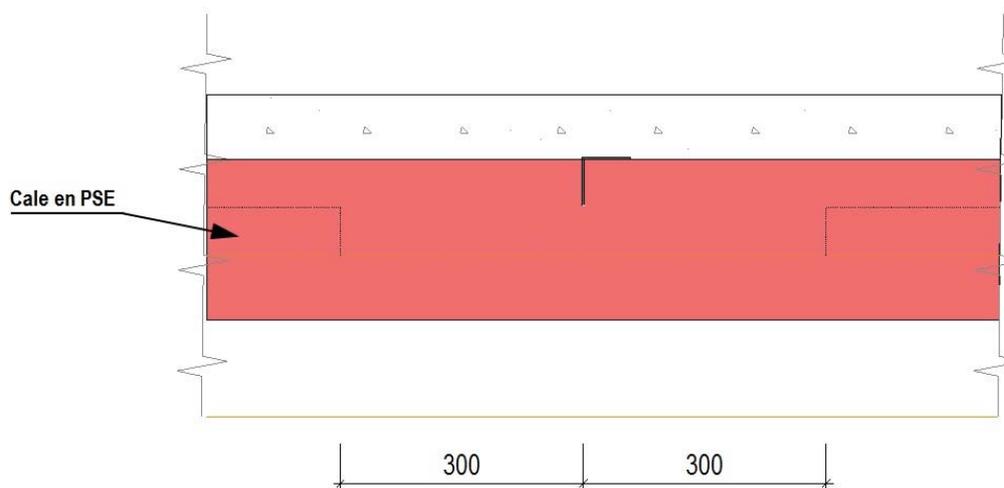
Annexe 7 : Détails de l'intégration des cales en PSE



COUPE TRANSVERSALE - CALES PSE ENTRE CONNECTEUR



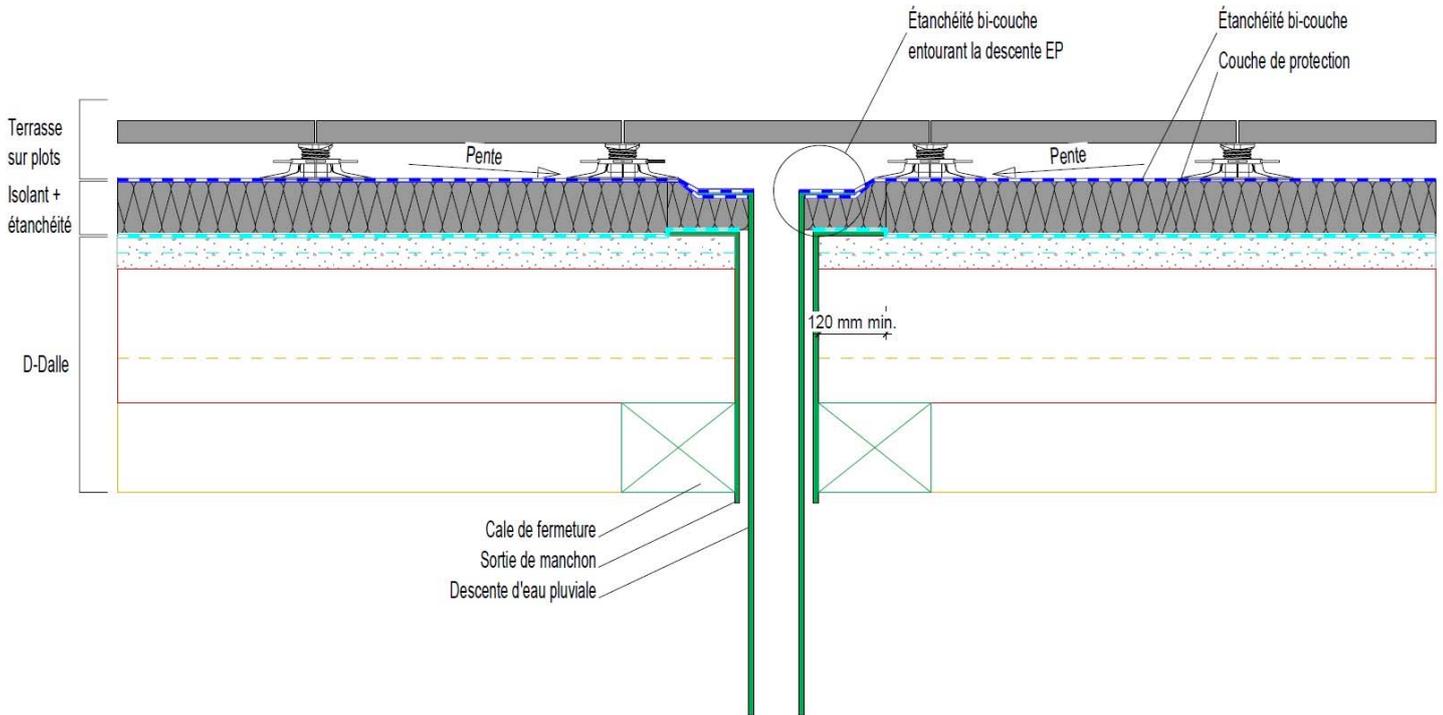
COUPE TRANSVERSALE - COUPE AU NIVEAU DU CONNECTEUR



COUPE LONGITUDINALE - INTERRUPTION DES CALES PSE AUTOUR DU CONNECTEUR

Figure 16 – Détail de l'intégration des cales en PSE

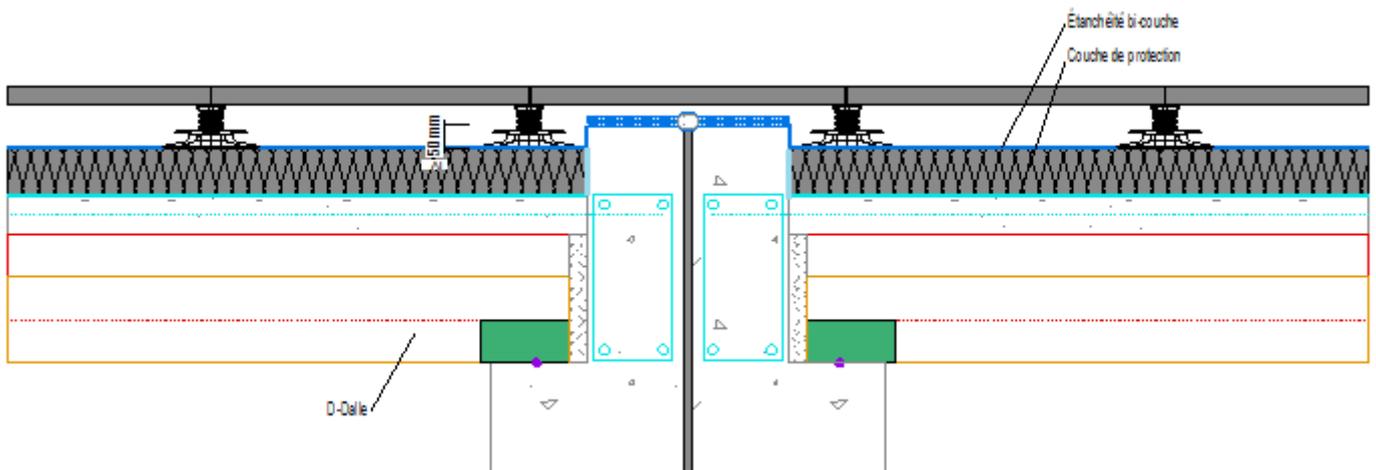
Annexe 8 : Descente d'eaux pluviales



Note : La couche de protection est définie au § 2.7.9.1

Figure 17 – Détail du traitement d'une descente d'eaux pluviales

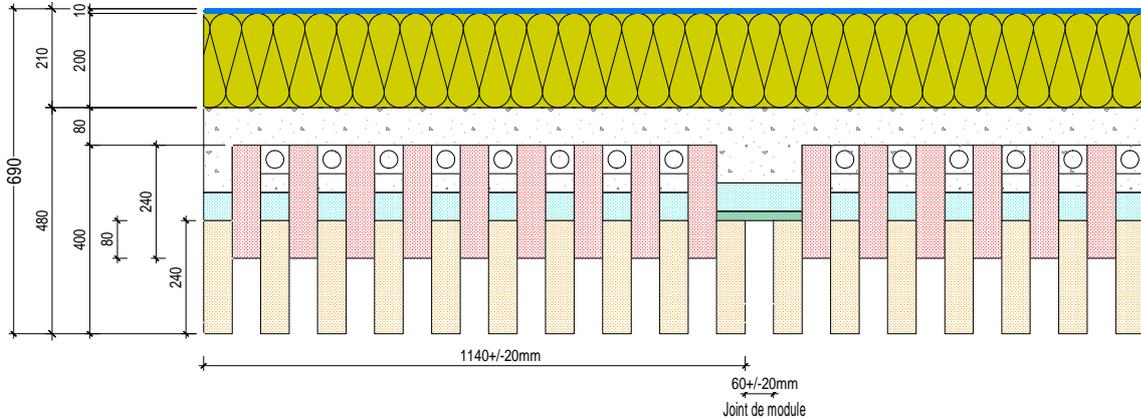
Annexe 9 : Traitement d'un joint de dilatation en toiture accessible aux piétons (dalles sur plots)



Note : La couche de protection est définie au § 2.7.9.1

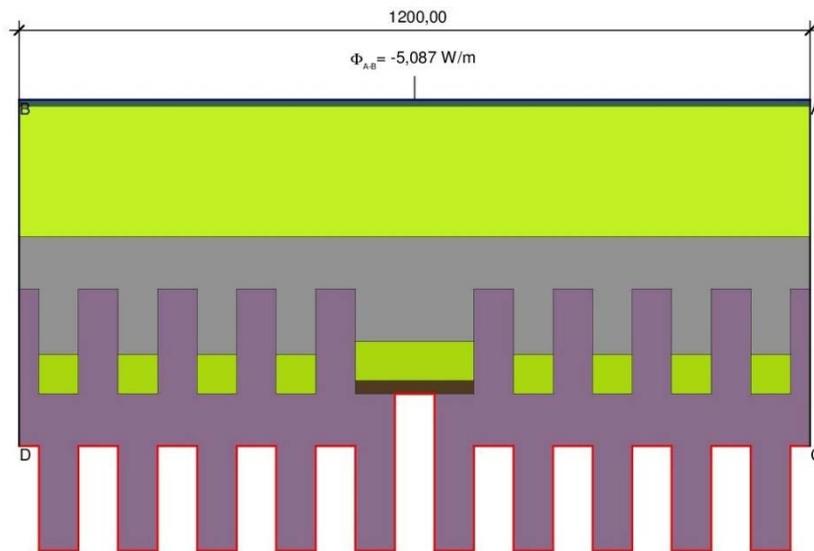
Figure 18 – Détail du traitement de joint de dilatation sous dalles sur plots

Annexe 10 : Calcul thermique



240/240

Coupe de la D-Dalle



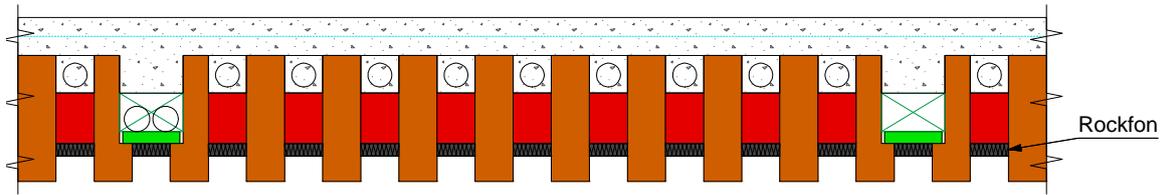
$$U_{si A-B} = \frac{\Phi}{\Delta T \cdot b} = \frac{5,087}{30,000 \cdot 1,200} = 0,141 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analyse du coefficient de transmission thermique avec prise en compte des points singuliers

Hypothèse de la toiture : bâtiment fermé et chauffé	Résistance thermique
- toiture plane avec résistances superficielles ($R_{si} + R_{se} = 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)	p 0,140 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
- élément porteur D-Dalle d'épaisseur 400 mm	1,95 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
- Dalle de compression en béton d'épaisseur 80 mm	
- Panneaux isolants en laine de roche d'épaisseur 2 x 100 mm ($R_{UTILE} = 2 \times 2,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) - étanchéité bicouche bitumineuse	5,0 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Le coefficient de transmission surfacique global de la toiture : $U_p = 0,141 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	

Annexe 11 : Détails avec isolation

Exemple avec isolation en fond de créneaux :



Exemple avec faux-plafond isolé :

