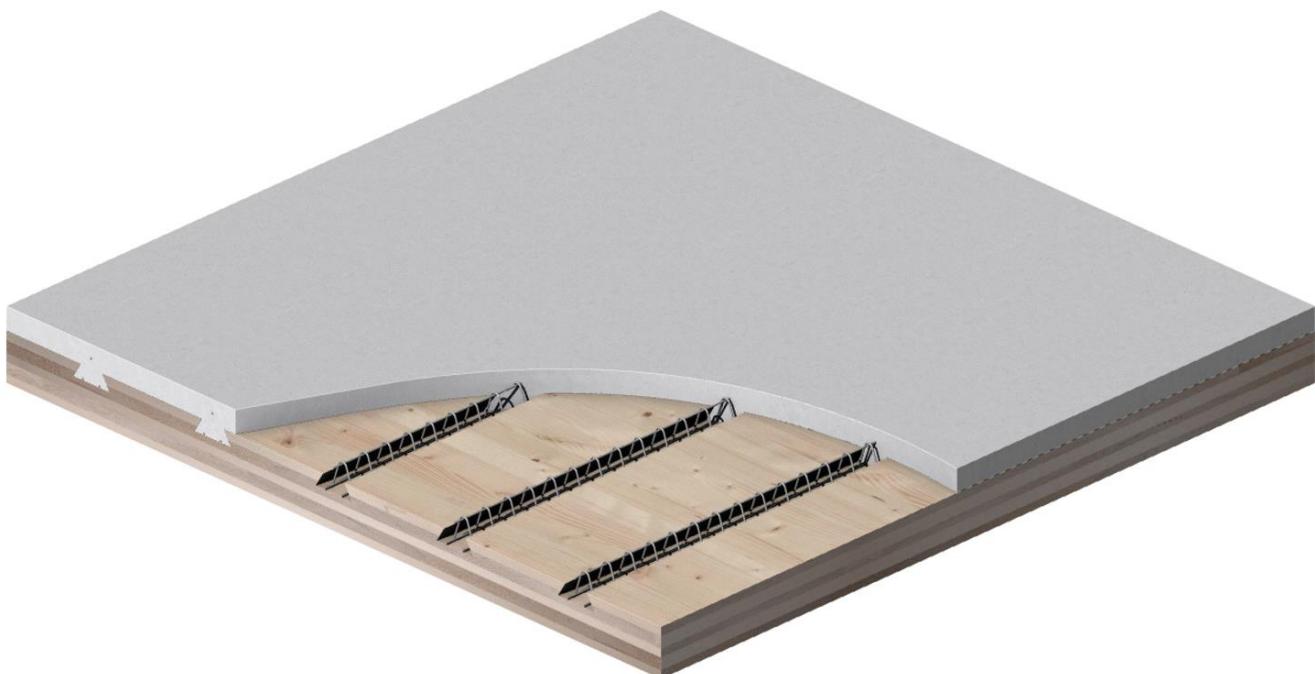


APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3482_V1

ATEx de cas a

Validité du 24/02/2025 au 24/02/2027



Copyright : Société HORIZONS BOIS

L'Appréciation Technique d'expérimentation (ATEx) est une simple opinion technique à dire d'experts, formulée en l'état des connaissances, sur la base d'un dossier technique produit par le demandeur. (extrait de l'art. 24)

A LA DEMANDE DE :
HORIZONS BOIS
99 allée St Hélier 35000 Rennes

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : +33 (0)1 64 68 82 82 – Siret 775 688 229 00027 – www.cstb.fr

Établissement public à caractère industriel et commercial – RCS Meaux 775 688 229 – TVA FR 70 775 688 229

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3482_V1

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé de plancher mixte bois-béton HOBOA.

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 24/02/2025, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- Demandeur : HORIZONS BOIS 99 allée St Hélier 35000 Rennes - FRANCE
- Technique objet de l'expérimentation :
 - Procédé de plancher mixte bois-béton pouvant être utilisé en tant qu'élément porteur support d'étanchéité.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEX 3482_V1 et résumé dans la fiche sommaire d'identification ci-annexée,

donne lieu à une :

APPRECIATION TECHNIQUE FAVORABLE A L'EXPERIMENTATION

Remarque importante : Le caractère favorable de cette appréciation ne vaut que pour une durée limitée au 24 février 2027, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations et attendus formulés au §4.

Cette Appréciation, QUI N'A PAS VALEUR D'AVIS TECHNIQUE au sens de l'Arrêté du 21 mars 2012, découle des considérations suivantes :

1°) Sécurité

1.1 – Stabilité des ouvrages et/ou sécurité des équipements

Les planchers HOBOA associent une prédalle en panneau massif structural bois lamellé croisé (CLT) et une dalle de compression en béton armé coulée en place. L'interaction entre les deux matériaux est assurée par des rainures. Les rainures sont préalablement usinées dans le plan du plancher CLT et perpendiculaire à son sens de portée. La classe de résistance des plis concernés par les rainures d'assemblage est C24 conformément à la norme NF EN 338. Pour les autres plis, un maximum de 15% des planches pourra être d'une classe de résistance inférieure à C24. De plus, tous les plis doivent présenter une classe de résistance d'au moins C16, le tout en veillant au respect de la symétrie des plis. Ceux-ci sont collés sous une presse hydraulique ou sous vide, les chants non collés étant admis. Les éléments de plancher HOBOA présentent un minimum de 5 plis pour une épaisseur minimale de panneau de 160 mm, les épaisseurs de plis pouvant aller jusqu'à 40 mm maximum.

Les planchers HOBOA peuvent être utilisés en tant que planchers porteurs entrant dans la composition d'ouvrage et assurant la fonction diaphragme de ces ouvrages. Ils peuvent également être utilisés en tant que support d'étanchéité.

Le dimensionnement des planchers HOBOA est effectué en prenant en compte la rigidité efficace de la section de plancher, conformément à la NF EN 1995-1-1, adaptée à la configuration de la section mixte. Il est aussi considéré la résistance de la liaison bois-béton avec calculs des modules d'élasticité des composants et de la rigidité de la liaison déterminés selon les principes de la norme XP CEN/TS 19103. Les vérifications des planchers HOBOA sont effectuées conformément au cahier du CSTB 3802 « Panneaux structuraux massifs bois » et aux normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1995-1-1 et leurs annexes nationales. L'influence du séquençage de construction sur le dimensionnement peut être pris en compte tel que défini dans le Dossier Technique même si cette notion n'est pas relative au procédé en tant que tel.

1.2 – Sécurité des intervenants

La sécurité des intervenants est considérée comme normalement assurée moyennant l'utilisation des dispositifs de manutention et le respect des prescriptions décrites dans le dossier technique et le cahier du CSTB 3802.

1.3 – Sécurité en cas d'incendie

Les règles de sécurité incendie relatives au classement du bâtiment doivent être examinées au cas par cas par les intervenants du chantier, conformément aux textes en vigueur (IT249, bâtiment d'habitation, code du travail, etc...). Le procédé HOBOA est à même de satisfaire aux exigences réglementaires relatives au degré de résistance au feu des éléments porteurs horizontaux dans les conditions décrites dans l'appréciation de laboratoire agréée n° AL21-318. Le classement de réaction au feu du procédé dépend de celui du panneau CLT utilisé, classement indiqué sur l'Avis Technique ou DTA correspondant.

1.4 – Sécurité en cas de séisme

Le présent document comporte 50 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3482_V1

Les planchers HOBOA peuvent satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme. Le domaine d'emploi du procédé est limité à une utilisation en France européenne, zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

2°) Faisabilité

2.1 – Production

Les panneaux CLT font l'objet d'un autocontrôle par le fournisseur lors de leur fabrication portant notamment sur la conformité des matériaux, l'humidité du bois au moment du collage, ainsi que des vérifications sur produits finis et autres éléments de contrôles définis dans l'Avis Technique ou DTA correspondant. Le fournisseur devra par ailleurs fournir un bon d'auto-contrôle. Le Plan de fabrication a été fourni par le demandeur.

2.2 – Mise en œuvre

La mise en œuvre des panneaux MM Crosslam relève de techniques usuelles et est décrite dans le cahier du CSTB 3802.

2.3 – Assistance technique

Les calculs de prédimensionnement des planchers HOBOA sont réalisés par HORIZONS BOIS qui fournit en outre une liste de Bureaux d'Etudes à même de réaliser les études de conception et d'exécution ayant préalablement reçu l'agrément d'études par le demandeur. Le demandeur fournit également une liste des entreprises à même de réaliser la mise en œuvre du plancher HOBOA et ayant reçu préalablement l'agrément de mise en œuvre par HORIZONS BOIS. HORIZONS BOIS prête l'assistance technique nécessaire sur demande lors de la 1^{ère} opération comprenant le procédé.

3°) Risques de désordres

Les planchers HOBOA ne présentent pas de facteurs de risque aggravant par rapport aux autres procédés de la famille.

4°) Recommandations

Il est recommandé de :

- Ne pas réaliser de percements sur chantier sans l'accord du bureau d'études.
- Privilégier des appuis sans excentricité d'assemblage ;

5°) Rappel

Le demandeur devra communiquer au CSTB, au plus tard au début des travaux, une fiche d'identité de chaque chantier réalisé, précisant l'adresse du chantier, le nom des intervenants concernés, les contrôles spécifiques à réaliser et les caractéristiques principales à la réalisation.

EN CONCLUSION

En conclusion et sous réserve de la mise en application des recommandations ci-dessus, le Comité d'Experts considère que :

Conclusion FAVORABLE

- La sécurité est assurée,
- La faisabilité est probable,
- Les désordres sont minimes

Champs sur Marne,
Le Président du Comité d'Experts,

Ménad CHENAF

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3482_V1

ANNEXE 1**FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)**

Demandeur : Société HORIZONS BOIS 99 allée St Hélier 35000 Rennes - FRANCE

Définition de la technique objet de l'expérimentation :

Les planchers HOBOA sont associant une pré dalle en panneau massif structural bois lamellé croisé (CLT) et une dalle de compression en béton armé coulée en place. L'interaction entre les deux matériaux est assurée par des rainures. Les rainures sont préalablement usinées dans le plan du plancher CLT et perpendiculaire à son sens de portée. Dans armatures spécifiques y sont placées venant compléter la liaison. Chaque pli est composé de planches en bois massif (Sapin, épicéa, douglas, pin, mélèze).

La classe de résistance des plis concernés par les rainures d'assemblage est C24 conformément à la norme NF EN 338. Pour les autres plis, un maximum de 15% des planches pourra être d'une classe de résistance inférieure à C24. De plus, tous les plis doivent présenter une classe de résistance d'au moins C16, le tout en veillant au respect de la symétrie des plis. Les plis sont collés sous une presse hydraulique ou sous vide, les chants non collés étant admis. Les éléments de plancher HOBOA possèdent un minimum de 5 plis pour une épaisseur minimale de panneau de 160mm, les épaisseurs de plis pouvant varier jusqu'à 40mm maximum.

Le procédé vise les utilisations dans les bâtiments industriels, bâtiments d'habitation de la 1^{ère} à la 4^{ème} famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve.

Les planchers HOBOA sont destinés à la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et en classes d'emploi 1 à 2 au sens de la norme NF EN 335.

Pour les planchers et support d'étanchéité, l'Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine, zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

La mise en œuvre d'un système d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant sur les panneaux doit faire l'objet d'une évaluation (Avis Technique ou ATEx) visant les supports bois dans les limitations d'usage de celui-ci.

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 au sens de Cahier du CSTB n°3567, c'est à dire ceux pour lesquels $W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$, avec :

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

Pour la réalisation des planchers, le procédé est limité à la reprise de charges à caractère statique ou quasi-statique pour des catégories d'usage A, B, C1, C2, C3, D1 et E1 au sens de la norme NF EN 1991-1-1.

Le dimensionnement des planchers HOBOA est réalisé en intégrant la rigidité efficace de la section de plancher conformément à la NF EN 1995-1-1, adaptée à la configuration de la section mixte. Il est aussi considéré la résistance de la liaison bois-béton avec calculs des modules d'élasticité des composants et de la rigidité de la liaison déterminés selon les principes de la norme XP CEN/TS 19103. Les vérifications des planchers HOBOA sont faites conformément au cahier du CSTB 3802 « Panneaux structuraux massifs bois » et aux normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1665-1-1 et leurs annexes nationales.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 3482_V1 et dans le cahier des charges de conception et de mise en œuvre technique (cf. annexe 2) que le fabricant est tenu de communiquer aux utilisateurs du procédé.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3482_V1

ANNEXE 2

CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN OEUVRE

Ce document comporte 80 pages.

***Procédé de plancher mixte bois-béton
HOBOA***

« Dossier technique établi par le demandeur »

Version tenant compte des remarques formulées par le comité d'Experts

Datée du 24 février 2025

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEX 3482_V1.

Fin du rapport

FRANK KUPFERLE

Mob +33(0) 674 35 35 59

Email frank.kupferle@c4ci.eu



HORIZONS BOIS
Systèmes constructifs bas-carbone

DOSSIER TECHNIQUE

Demande d'ATEX de cas a – Plancher mixte bois-béton HOBOA

Etabli par C4Ci pour le compte de Horizons Bois

Mis à jour par Horizons Bois - 24/02/2025

Demandeur :

HORIZONS BOIS

99 allée St Hélier

35000 Rennes

CLIENT	HORIZONS Bois	DATE	24/02/2025
PROJET N°	2061-bis	VERSION	REV8

TABLE DES MATIERES

1	Principe	4
2	Domaine d'emploi.....	4
3	Caractéristiques des composants	5
3.1	PREDALLES BOIS	5
3.1.1	Panneau de base	5
3.1.2	Usinage des rainures pour la liaison bois-béton.....	6
3.1.3	Autres usinages	7
3.2	BETON	7
3.3	ARMATURES.....	7
3.3.1	Armatures spécifiques en chaise.....	7
3.3.2	Autres armatures	7
3.4	ELEMENT PREFABRIQUE HOBOA.....	8
3.5	ORGANES ET FERRURES D'ASSEMBLAGE	8
4	Conception	9
4.1	ROLE DES ACTEURS.....	9
4.1.1	Agrément des Bureaux d'Etudes.....	9
4.1.2	Rôle des acteurs	9
4.2	PRINCIPES	9
4.2.1	Généralités.....	9
4.2.2	Principe en cas de préfabrication intégrale des éléments HOBOA.....	10
4.2.3	Principe en cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression	10
4.3	DISPOSITIONS MINIMALES CONCERNANT LES COMPOSANTS.....	10
4.3.1	Prédalles bois	10
4.3.2	Dalle de compression béton	10
4.4	SECURITE INCENDIE	10
4.5	SECURITE VIS-A-VIS DU RISQUE SISMIQUE	10
4.6	DIMENSIONNEMENT	11
4.6.1	Rigidité efficace de la section de plancher	11
4.6.2	Résistance de la liaison bois-béton	12
4.6.3	Raideur de glissement de cisaillement de la liaison bois-béton	13
4.6.4	Propriétés à long terme	14
4.6.5	Influence du séquençage de construction	14
4.6.6	Principe de dimensionnement	15
4.6.7	Vérification en phase provisoire	16
4.6.8	Vérification en phase définitive	17
4.6.9	Vérification des sollicitations dans le plan	19
4.6.10	Vérification en situation d'incendie	19
4.6.11	Vérification en situation sismique	20
4.7	AUTRES DISPOSITIONS DE CONCEPTION.....	21
4.7.1	Tolérances du support	21
4.7.2	Appuis.....	22
4.7.3	Jonctions des éléments préfabriqués HOBOA entre eux.....	22
4.7.4	Réservations, trémies et chevêtres	23
4.7.5	Porte-à-faux	24
4.8	REVETEMENTS DE SOL	24
4.8.1	En cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression	24
5	Mise en œuvre	25
5.1	AGREMENT DES ENTREPRISES DE MISE EN ŒUVRE	25

5.2	PRINCIPES DE MISE ŒUVRE DU PLANCHER HOBOA	25
5.2.1	Réception du support.....	25
5.2.2	Principe général de mise en œuvre	25
5.2.3	Réception, déchargement, levage, stockage (dispositions communes)	25
5.2.4	Cas des éléments HOBOA préfabriqués intégralement	26
5.2.5	Cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur prédalles bois.....	26
6	Support d'étanchéité	28
6.1	PRINCIPE D'UTILISATION EN TOITURES TERRASSES	28
6.2	RELIEFS DE RELEVES ADMIS	28
6.3	DIMENSIONNEMENT	29
6.3.1	Limites de flèche.....	29
6.3.2	Surcharge liée à l'amplification des flèches sous accumulation d'eau	29
6.3.3	Charges spécifiques liées aux toitures terrasses.....	29
6.3.4	Classe de service	29
6.4	CAS DES TOITURES TERRASSES A PENTE NULLE	30
6.5	CAS DE PREFABRICATION INTEGRALE DES ELEMENTS HOBOA.....	30
6.6	MATERIAUX	30
6.6.1	Constitution et mise en œuvre du pare-vapeur	30
6.6.2	Support isolant thermique.....	30
6.6.3	Revêtement d'étanchéité	31
6.6.4	Protection.....	31
6.7	PROTECTION DES PARTIES COURANTES	31
6.7.1	Protection lourde rapportée éventuelle	31
6.7.2	Protection meuble pour toitures inaccessibles.....	31
6.7.3	Protection dure sur couche de désolidarisation des terrasses techniques ou à zones techniques	31
6.7.4	Protection par dalles sur plots	31
6.7.5	Protection par platelage bois	31
6.7.6	Protection pour toitures terrasses végétalisées.....	31
6.8	POINTS SINGULIERS	31
6.8.1	Relevés	31
6.8.2	Joint de dilatation	32
6.9	EVACUATION DES EAUX PLUVIALES	32
6.10	TROP-PLEIN	32
6.11	ORGANISATION DE LA MISE EN ŒUVRE	32
7	Fabrication et contrôles	33
7.1	FABRICATION	33
7.1.1	Fabrication des composants	33
7.1.2	Cas de préfabrication intégrale des éléments HOBOA	33
7.1.3	Cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression.....	33
7.2	CONTROLES	34
7.2.1	Contrôles de fabrication des composants	34
7.2.2	Contrôles des composants entrants	34
7.2.3	Contrôles en cours de préfabrication et sur produit fini.....	34
7.3	IDENTIFICATION	34
7.4	STOCKAGE EN USINE	34
8	Assistance technique	35
9	Mention des justificatifs	35
	FIGURES DU DOSSIER TECHNIQUE	35

1 PRINCIPE

Le procédé HOBOA est un plancher mixte bois-béton associant une pré dalle en panneau massif structural bois (CLT) et une dalle de compression en béton armé coulée en place. La liaison entre la pré dalle bois et la dalle béton est assurée par blocage de forme dans des rainures transversales au sens de la portée préalablement usinées dans la pré dalle CLT, dans lesquelles sont placées des armatures spécifiques en chaise venant compléter la liaison.

Le plancher HOBOA est réalisé :

- Au moyen des seules pré dalles bois, les armatures et la dalle de compression en béton étant alors mises en œuvre sur chantier, après étalement et liaison aux appuis préalables.

Nota : La « préfabrication intégrale » en usine, c'est-à-dire la production d'éléments de plancher HOBOA comprenant la pré dalle bois et la dalle compression béton coulée en usine est exclue du présent dossier ATEx de cas (a).

Les éléments préfabriqués (pré dalles bois préalablement usinées) sont livrés exclusivement par HORIZONS BOIS. Aucune modification sur chantier de ces éléments n'est admise.

2 DOMAINE D'EMPLOI

Le procédé de plancher HOBOA est destiné à la réalisation d'ouvrages de structure de bâtiments neufs en France métropolitaine pour :

- Les bâtiments à usage d'habitation de 1^{ère} à la 4^{ème} famille, les établissements recevant du public (ERP) et les bâtiments de bureaux ou industriels régis par le Code du travail.
- La réalisation d'ouvrages correspondant aux conditions :
 - des classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 19 95-1-1;
 - des classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.
- L'utilisation en zone de sismicité 1 à 4 pour les catégories d'importance I à IV au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié. Dans le cas d'éléments HOBOA préfabriqués, certaines solutions de couturage peuvent limiter l'emploi dans certaines situations de sismicité, tel que décrit dans le guide indicatif au Tableau 6.
- Les locaux à hygrométrie faible et moyenne classés au plus EB+ Locaux privatifs tels que définis dans le cahier du CSTB 3567, de mai 2006 « *Classement des locaux en fonction de l'exposition à l'humidité des parois et nomenclature des supports pour revêtements muraux intérieurs* ».
- Le climat de plaine (altitude < 900 m) hors zone très froide.

Précisions du domaine d'emploi dans le cas d'utilisation en planchers

Le domaine d'emploi est en outre limité aux planchers soumis exclusivement à des charges statiques ou quasi-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) pour des catégories d'usage A, B, C1, C2, C3, D1 et E1 au sens de la NF EN 1991-1-1.

L'utilisation en plancher de vide sanitaire n'est pas admise.

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

Précisions du domaine d'emploi dans le cas d'utilisation en support d'étanchéité de toitures- terrasses et toitures inclinées

Le procédé HOBOA :

- constitue un support béton de type A au sens du NF DTU 20.12 en cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur pré dalles bois.

Il permet la réalisation de toitures inaccessibles ou accessibles correspondant aux catégories d'usage H et I selon la NF EN 1991-1-1, dans ce dernier cas uniquement pour des usages correspondant aux catégories d'usage A, B, C1, C2, C3 et D1.

Il est destiné à la réalisation de toitures isolées (toiture chaude) :

- Inaccessibles avec chemins de circulation éventuels, sans rétention temporaire d'eaux pluviales ;
- Inaccessibles avec procédés d'étanchéité photovoltaïque avec modules 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) ;
- Toitures terrasses jardins selon le NF DTU 43.1;

-
- Accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots ou platelage bois selon les Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des toitures terrasses et balcons étanchés avec protection par platelage en bois de la CSFE (juin 2017).

Les toitures-terrasses peuvent être à pente nulle à condition de respecter les prescriptions du §6.4.

Dans les autres cas, la pente de toiture est au minimum de 2% sur plan et au maximum de 5%.

Le procédé HOBOA peut recevoir :

- Des complexes d'étanchéités (SEL exclus) adhérents, semi-indépendants par auto-adhésivité (fixations mécaniques admises dès lors que l'épaisseur de la dalle de compression béton est ≥ 80 mm) ou indépendants faisant l'objet d'un Avis Technique visant l'emploi sur éléments porteurs en béton ;
- Une isolation sous revêtement apparent bénéficiant d'un DTA visant l'emploi sur éléments porteurs en béton ;
- Une isolation sous protection bénéficiant d'un certificat ACERMI établi conformément aux Règles professionnelles de la CSFE « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » ou « Isolation inversée de toiture-terrasse », valable pour l'utilisation envisagée.

3 CARACTERISTIQUES DES COMPOSANTS

Les composants clés du procédé HOBOA sont fabriqués par des fournisseurs préalablement agréés par HORIZONS BOIS en conformité avec les dispositions suivantes et celles décrites au §7.

Dans tous les cas, la fabrication des composants est réalisée sur la base de plans de fabrication précisant l'ensemble des composants, réservations et autres informations nécessaires à celle-ci. Ces plans sont réalisés sur la base de l'étude de structure du plancher et comportent le repérage des éléments dans l'ouvrage.

3.1 Prédalles bois

3.1.1 PANNEAU DE BASE

Les prédalles bois sont réalisées à partir de panneaux massifs structuraux bois de type CLT (bois lamellé-croisé) sous Avis Technique ou DTA en cours de validité visant l'utilisation en plancher et relevant du Cahier 3802 (cf. § 7.1.1).

Ces panneaux sont conformes aux caractéristiques suivantes :

- Essences admises : Sapin, épicéa, douglas, pin, mélèze.
- Nombre de plis minimum : 5.
- Epaisseur et configuration des plis :
 - Epaisseur du pli extérieur longitudinal : 30 à 40 mm (l'épaisseur de 40 mm pouvant résulter d'une couche de 2 plis parallèles de 20 mm successifs) ;
 - Epaisseur du premier pli transversal : 20 à 40 mm ;
 - La somme des épaisseurs du pli extérieur et du premier pli transversal est comprise entre 60 et 80 mm ;
 - La configuration des plis du panneau est systématiquement symétrique.
- Epaisseur minimale du panneau : 160 mm.
- Classe de résistance des bois : La classe de résistance des plis concernés par les rainures d'assemblage devra être C24. Les autres plis pourront être constitués de 15 % de planches de classe inférieure à C24 sans aller en deçà de C16, cela en veillant au respect de la symétrie des plis.
- Collage des chants : les chants non collés sont admis
- Gap entre planches d'un même pli : maximum 3 mm, sans excéder la valeur du gap prise en compte dans l'appréciation de laboratoire pour la méthode de calcul de la section réduite efficace en résistance au feu.

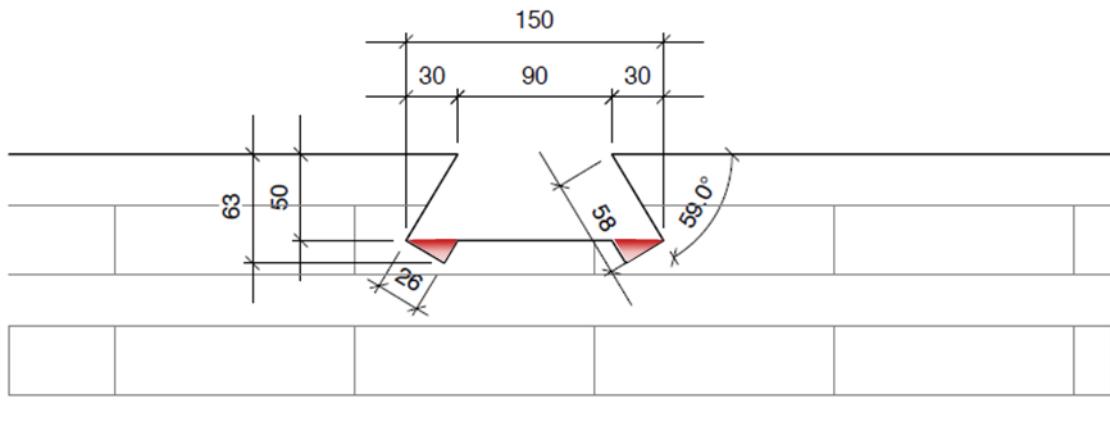
- Type de pressage : les pressages hydrauliques et sous vide sont admis.

En outre, le panneau dispose d'une appréciation de laboratoire en cours de validité décrivant la méthode de calcul de la résistance au feu du panneau, permettant ainsi de déterminer la section réduite efficace après une durée d'exposition au feu visée.

3.1.2 USINAGE DES RAINURES POUR LA LIAISON BOIS-BETON

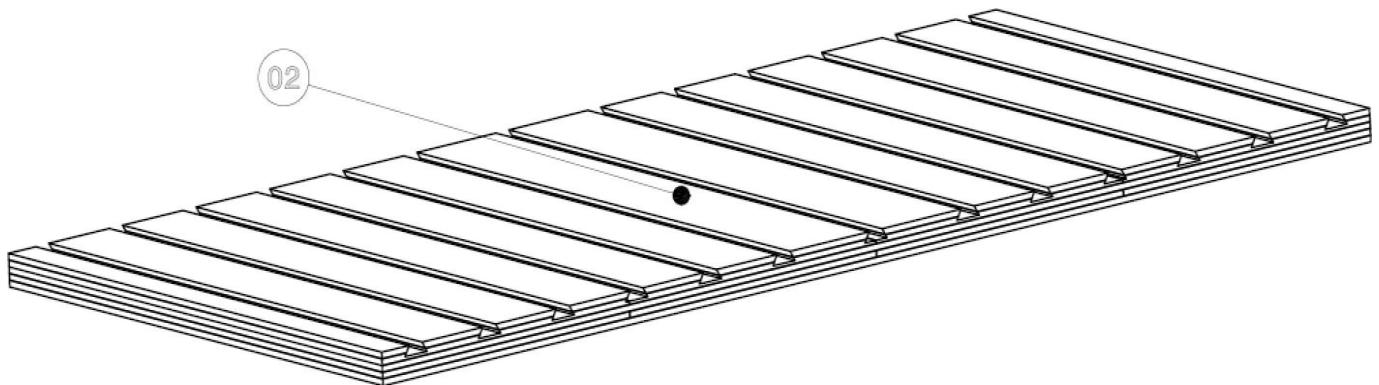
L'usinage des rainures formant la liaison entre la pré dalle bois et la dalle de compression béton est systématiquement réalisé par le fabricant du panneau, dans le respect des dispositions suivantes.

Figure 1 : Profil et dimensions de la rainure formant la liaison bois-béton



- Les dimensions de la rainure sont celles décrites en Figure 1, avec une tolérance d'exécution de +/- 1 mm.
- Selon la précision des centres d'usinage, les zones marquées en rouge peuvent être nécessaires (dans les limites indiquées), réduites ou complètement supprimées (auquel cas la rainure est un trapèze de hauteur 50 mm).
- Les rainures sont réalisées dans le sens transversal à la portée du panneau, donc au fil du pli supérieur (visible) du panneau.
- L'entraxe courant (quarts extérieurs du panneau) entre rainures s_n ($= s_{n,min}$) est compris entre 375 et 750 mm.
- L'entraxe courant peut être augmenté dans les deux quarts intérieurs du panneau en vérifiant $s_{n,max} \leq 2 s_{n,min}$.
- La distance de la première rainure à l'extrémité du panneau est $v_n \geq s_n / 2$.
- Le nombre et la localisation des rainures est déterminé lors de l'étude et défini dans le plan de fabrication.

Figure 2 : Principe de pré dalle bois CLT avec rainures de liaison



Les dispositions relatives aux plis du panneau CLT décrites au §3.1.1 permettent de garantir que le fond de la rainure (profondeur de 50 mm) est systématiquement situé dans le premier pli transversal.

3.1.3 AUTRES USINAGES

Les éventuels autres usinages nécessaires à la fabrication des prédalles bois (réservations, trémies, feuillures ou chants à mi-bois pour assemblage entre prédalles, ...) sont systématiquement réalisées par le fabricant du panneau, selon le plan de fabrication.

3.2 Béton

Le béton utilisé pour le coulage et la mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur prédalles bois HOBOA satisfait aux dispositions suivantes :

- Le béton est conforme à la norme NF EN 206/CN et à l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1). Il est obligatoirement fabriqué et livré par une centrale certifiée NF BPE (cf. §7.1.1).
- La classe de résistance minimale du béton est C20/25.
- La dimension du plus gros granulat Dmax entrant dans la formulation du béton est définie par HORIZONS BOIS pour chaque chantier, avec $D_{max} \leq 16$ mm dans tous les cas.
- Le rapport eau/ciment doit être conforme à la NF EN 206-1.
- La classe de consistance du béton est S4.

3.3 Armatures

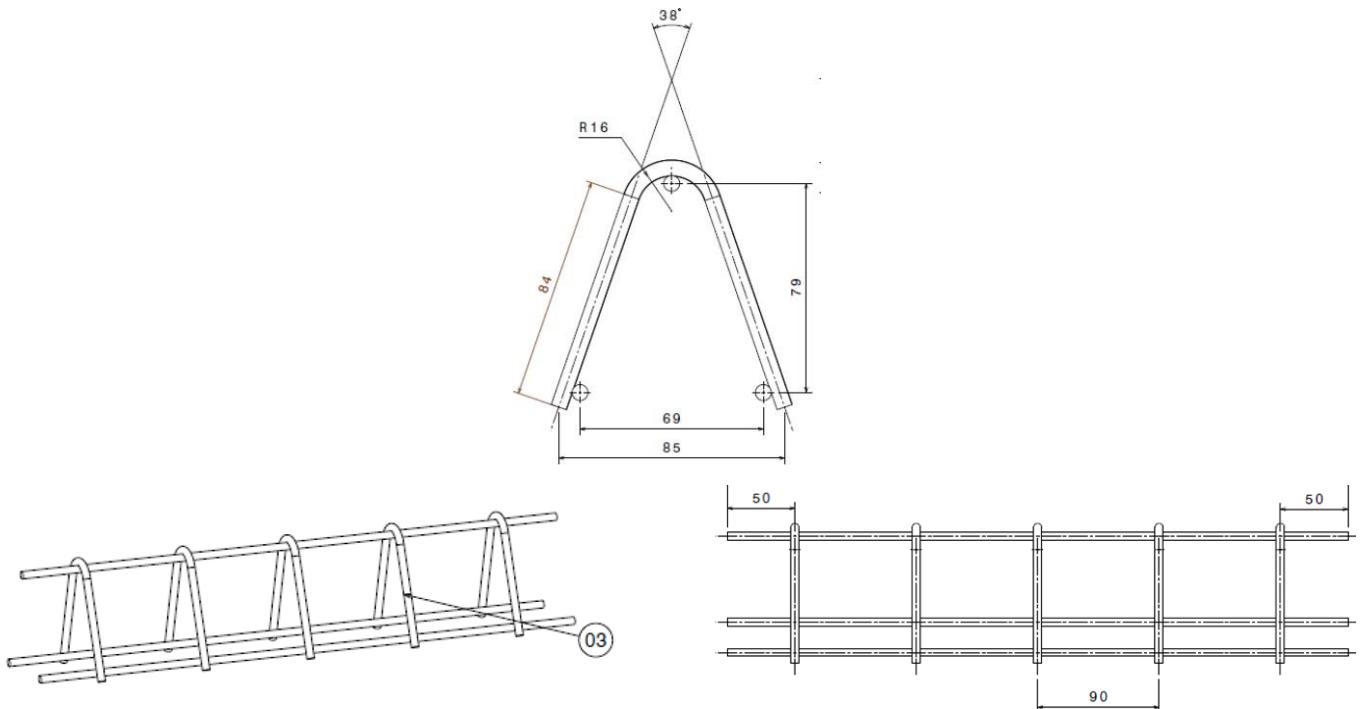
3.3.1 ARMATURES SPECIFIQUES EN CHAISE

Les armatures spécifiques en chaise sont conformes aux exigences décrites dans la NF EN 1992-1 et son Annexe C.

Elles sont composées de fer tor de diamètre 6 mm, sous forme de maille de 90 x 90 mm pliée.

Leurs dimensions et géométrie sont conformes à celles décrites en Figure 3 ci-après.

Figure 3 : Armatures spécifiques en chaise pour la liaison bois-béton



3.3.2 AUTRES ARMATURES

Les autres armatures sont conformes aux exigences décrites dans la norme NF EN 1992-1 et son Annexe C.

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

Le treillis anti-fissuration (mis en œuvre systématiquement dans la dalle de compression et posé sur les armatures en chaise) est à minima de type ST10, de maille 200 x 200 mm, avec fils de diamètre 5,5 mm conforme à la NF A-35-016.

3.4 Elément préfabriqué bois HOBOA

Le présent ATex dans la présente version renouvelée **exclu la préfabrication intégrale (bois + béton) en usine**.

Seul le procédé « béton coulé sur site » avec les éléments bois préfabriqués HOBOA est visé dans le présent ATex et sont composés :

- D'une prédalle bois conformes aux dispositions du §3.1, tous les usinages ayant été préalablement réalisés par le fabricant du panneau de base de la prédalle ;
- Des armatures spécifiques en chaise disposées en rainure préalablement à la mise en œuvre du béton et conformes aux dispositions du §3.3.1 ;
- Des armatures complémentaires (a minima le treillis anti-fissuration) positionnées préalablement à la mise en œuvre du béton et conformes aux dispositions du §3.3.2 ;
- De béton conformes aux dispositions du §3.2.

Les tolérances d'exécution des éléments préfabriqués bois HOBOA sont :

- Pour la prédalle bois, celles définies dans l'Avis Technique ou DTA du panneau CLT de base ;

3.5 Organes et ferrures d'assemblage

Les assemblages des éléments HOBOA (prédalles bois) entre eux ou à leurs appuis à la structure verticale bois, acier ou béton sont réalisés au moyen de :

- Vis conformes à la NF EN 14592 ou sous ETE visant la fixation des pièces de bois, bois lamellé- collé, lamibois (LVL), bois lamellé-croisé ou panneaux à base de bois ;
- Boulons, tiges filetées ou broches conformes à la NF EN 14592 ;
- Chevilles métalliques sous ETE selon l'EAD 330232-00-0601 ;
- Boîtiers, étriers ou équerres métalliques sous ETE selon l'ETAG 015 ;
- Ferrures pliées ou mécano-soudées fabriquées sur mesure selon NF EN 1090-2 à partir de d'acier de nuances (S235 ou supérieure) et qualités conventionnelles selon NF EN 10025-1 à 6, et conformes aux exigences des NF EN 1993-1-1, 1993-1-8 et NF EN 1995-1-1 ;
- Platines en acier S235 d'épaisseur ≥ 4 mm.

Le traitement des organes, ferrures et platines d'assemblage satisfait aux exigences du NF DTU 31.1 et 31.2 et du §4.2 de la NF EN 1995-1-1 vis-à-vis du risque de corrosion en classe de service 1 et 2.

En outre, ces éléments sont toujours disposés côté intérieur du mur extérieur, et ne sont donc jamais exposées directement à l'atmosphère extérieure.

4 CONCEPTION

4.1 Rôle des acteurs

4.1.1 AGREMENT DES BUREAUX D'ETUDES

HORIZONS BOIS propose une procédure d'agrément et de formation des Bureaux d'Etudes souhaitant réaliser les études de conception et d'exécution des plancher HOBOA.

L'instruction par HORIZONS BOIS des demandes d'agrément se base sur l'examen des références d'ouvrages similaires réalisés et présentés par l'entreprise, la prise d'avis auprès des maîtres d'ouvrage et maîtrises d'œuvre liés aux chantiers, et éventuellement la visite des chantiers en cours.

Une liste de Bureaux d'Etude structure agréés par HORIZONS BOIS est disponible sur simple demande.

Au moment de la rédaction du présent dossier, ces Bureaux d'Etudes agréés sont :

- Structure bois : Horizon Bois Conseil (Le Vigan - 46) ; IBA (Nantes - 44)
- Structure béton : Ouest Structures (Rennes - 35)

4.1.2 ROLE DES ACTEURS

En phase d'avant-projet, le prédimensionnement du plancher HOBOA est réalisé exclusivement par HORIZONS BOIS (ou par un Bureau d'Etudes partenaire spécifiquement mandaté à cet effet et sous la responsabilité d'HORIZONS BOIS).

Compte-tenu de la structure mixte de l'ouvrage de manière générale, et du plancher HOBOA en particulier, l'analyse globale du bâtiment et l'étude de conception et d'exécution du plancher HOBOA est réalisée :

- soit par HORIZONS BOIS (ou par un Bureau d'Etudes partenaire spécifiquement mandaté à cet effet et sous la responsabilité d'HORIZONS BOIS) ;
- soit par une équipe de maîtrise d'œuvre comprenant un Bureau d'Etudes spécialisé en structure bois et un Bureau d'Etudes spécialisé en structure béton, qui devront avoir été préalablement agréés par HORIZONS BOIS.

HORIZONS BOIS transmet les hypothèses de dimensionnement et de modélisation de son procédé au Bureau d'Etudes structure en charge de la vérification de la stabilité globale de l'ouvrage qui procède à l'étude globale.

Ce dernier transmet les éléments et les efforts résultants à prendre en compte par le Bureau d'Etudes spécialisé en structure bois qui réalise l'étude de conception et d'exécution du plancher HOBOA, avec l'appui du Bureau d'Etudes spécialisé en structure béton pour les parties qui le concernent (ferraillage, liaisons avec les porteurs verticaux). Il réalise un plan de pose complet.

Il convient que l'ensemble de la conception et des détails constructifs relatifs aux éléments HOBOA et à leurs fixations soient transmis pour validation à HORIZONS BOIS, qui vérifie le bon respect des principes de conception du plancher et réalise ensuite les plans de fabrication des éléments.

4.2 Principes

4.2.1 GENERALITES

Seul le procédé de mise en œuvre sur site de la dalle de compression est ici retenu, ce choix entraîne des implications en termes de fonctionnement mécanique (diaphragme de plancher),

Le procédé de plancher HOBOA est destiné à la réalisation d'ouvrages de structure. A ce titre il convient qu'il soit conçu et dimensionné afin de :

- Reprendre les charges gravitaires induites par son poids propre, les autres charges permanentes et les actions variables d'exploitation et climatiques et les transmettre aux éléments porteurs verticaux sur lesquels il s'appuie ;
- Remplir sa fonction de diaphragme pour la reprise et le report des efforts de contreventement induits par les actions climatiques et, le cas échéant, les sollicitations sismiques ;
- Assurer ces deux fonctions aussi bien en phase provisoire qu'en phase définitive, et aussi bien en situation normale qu'en situation d'incendie ;
- Satisfaire aux exigences réglementaires en termes d'isolation acoustique et, en toiture, d'isolation thermique.

Les principes de fonctionnement mécanique du diaphragme de plancher est lié au mode de réalisation du plancher HOBOA consistant à la mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur prédalles bois (§4.2.3).

Pour l'utilisation du plancher HOBOA en toiture, il convient en outre de veiller aux dispositions de conception décrites au §6.

4.2.2 PRINCIPE EN CAS DE PREFABRICATION INTEGRALE DES ELEMENTS HOBOA

Sans objet

4.2.3 PRINCIPE EN CAS DE MISE EN ŒUVRE SUR SITE DE LA DALLE DE COMPRESSION

En cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur prédalles bois, la fonction de diaphragme est assurée par la dalle béton armé.

Les liaisons des prédalles bois entre elles et à leurs appuis ont pour seul rôle de maintenir le coffrage en place et de niveau en phase provisoire et lors de la mise en œuvre de la dalle.

4.3 Dispositions minimales concernant les composants

4.3.1 PREDALLES BOIS

Les prédalles bois satisfont aux dispositions minimales décrites au §3.1 et plus particulièrement aux exigences dimensionnelles du panneau de base décrites au §3.1.1.

4.3.2 DALLE DE COMPRESSION BETON

L'épaisseur nominale de la dalle de compression doit permettre le respect des règles d'enrobage de la NF EN 1991-1-1, §4.4.1 et son Annexe Nationale ($C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$) en tenant compte de la hauteur des armatures spécifiques en chaise, du treillis anti-fissuration de la dimension du plus gros granulat D_{max} et de la classe d'exposition de l'ouvrage, sans être inférieure à 70 mm. L'exigence d'épaisseur minimale de 70 mm en situation de sollicitation sismique est ainsi satisfaite dans tous les cas.

Cette épaisseur minimale est portée à 80 mm en toiture terrasse en cas de fixations mécaniques du revêtement d'étanchéité, de costières métalliques ou de l'isolant support.

Il convient en outre que le béton et les armatures utilisés satisfassent respectivement aux dispositions du §3.2 et du §3.3.

4.4 Sécurité incendie

Le procédé HOBOA est à même de satisfaire aux exigences réglementaires relatives au degré de résistance au feu des éléments porteurs horizontaux dans les conditions décrites dans l'appréciation de laboratoire agréée n° AL21-318.

Le principe de vérification du degré coupe-feu des planchers HOBOA est rappelé au §4.6.10.

Le classement en réaction au feu du plancher HOBOA est celui du panneau de base CLT selon son AT ou DTA.

La vérification de l'aptitude des parois verticales (porteuses ou non) à satisfaire aux exigences réglementaires relatives à la sécurité incendie (réaction au feu, résistance au feu, risque de propagation du feu en façade) relève de la responsabilité du concepteur.

4.5 Sécurité vis-à-vis du risque sismique

Le plancher HOBOA permet de remplir la fonction de diaphragme horizontal, aussi bien pour la reprise des efforts de contreventement que pour celle des sollicitations sismiques en zone de sismicité 1 à 4 pour les catégories d'importance I à IV au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

Le principe de vérification en situation sismique est décrit au §4.6.11.

En cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur prédalles bois, la fonction de diaphragme est assurée par la dalle béton armé, qui est alors liaisonnée aux éléments de contreventement verticaux, et doit comporter les armatures complémentaires éventuelles (chaînages) pour assurer ce rôle.

4.6 Dimensionnement

De manière générale, le plancher HOBOA peut être dimensionné en considérant un élément de largeur unitaire (1,0m) auquel on applique la théorie des poutres, en tenant compte de sa rigidité efficace.

4.6.1 RIGIDITE EFFICACE DE LA SECTION DE PLANCHER

Principe – Elément HOBOA complet en phase définitive

De manière générale, la rigidité efficace est calculée en utilisant la théorie des poutres composites en flexion (dite méthode des gammes) de l'Annexe B de la NF EN 1995-1-1, adaptée à la configuration de la section mixte, en tenant compte de la raideur de glissement de cisaillement de la liaison bois-béton et des plis transversaux du CLT de la pré dalle bois agissant comme liaison entre ses plis longitudinaux.

La raideur de glissement de cisaillement de la liaison bois-béton $\left(\frac{K}{s}\right)_c$ est déterminée en combinant la raideur en cisaillement

de la rainure dans le béton K_1 et la raideur en cisaillement roulant du bois K_2 :

$$\left(\frac{K}{s}\right)_c = \frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2} \quad \text{où :} \quad K_1 = \frac{K_n}{s_{n,eff}} \quad \text{et :} \quad K_2 = \frac{G_{r,t} \cdot B}{h_t}$$

avec : K_n la raideur de glissement de cisaillement de la liaison (§4.6.3)

$s_{n,eff} = 0,75 \cdot s_{n,min} + 0,25 \cdot s_{n,max}$ l'entraxe efficace des rainures de liaison (§3.1.2)

$G_{r,t} = G_{r,i,j}$ module de cisaillement roulant du pli transversal situé entre les plis i et j

B largeur de l'élément, prise égale à 1,0 m pour un élément unitaire

$h_t = h_{i,j}$ épaisseur du pli transversal situé entre les plis i et j

La rigidité efficace de la section de plancher HOBOA est déterminée par application de la méthode dite des gammes (NF EN 1995-1-1, Annexe B) modifiée (Jiang et al, 2019) pour tenir compte d'un complexe à 4 couches (béton et CLT 5 plis), en scindant la section en deux parties (cf. Figure 4) comme suit :

- Rigidité efficace de la partie [1] composée des éléments 1 (béton), 3 et 4 (plis longitudinaux central et inférieur) :

$$EI_{eff,[1]} = \sum_{i=1,3,4} (E_i \cdot I_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2)$$

avec : $\gamma_3 = 1,0$; $\gamma_1 = \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1}{L^2} \cdot \left(\frac{s}{K}\right)_c \right)^{-1}$; $\gamma_4 = \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot E_4 \cdot h_4 \cdot h_t}{G_{r,t} \cdot L^2} \right)^{-1}$

puis : $a_3 = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot (h_1 + 2 \cdot h_2 + 2 \cdot h_t + h_3) - \gamma_4 \cdot E_4 \cdot A_4 \cdot (h_3 + h_4 + 2 \cdot h_t)}{2 \cdot \sum_{i=1,3,4} \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i}$

et enfin : $a_1 = \frac{h_1 + 2 \cdot h_2 + 2 \cdot h_t + h_3}{2} - a_3$ et $a_4 = \frac{h_3 + h_4 + 2 \cdot h_t}{2} + a_3$

(l'axe neutre de cette section se situe dans l'épaisseur du pli longitudinal supérieur)

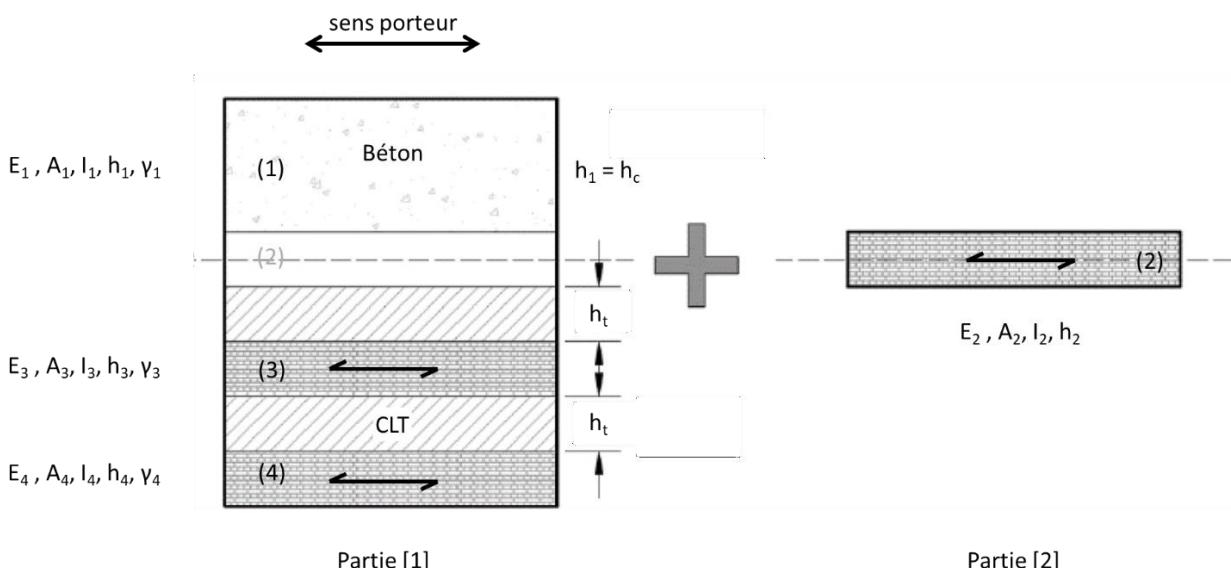
- Rigidité de la partie [2] composée du seul pli longitudinal au contact de la dalle béton :

$$EI_{eff,[2]} = E_2 \cdot I_2$$

- La rigidité de la section complète est ensuite obtenue en sommant les deux contributions :

$$EI_{eff} = EI_{eff,[1]} + EI_{eff,[2]}$$

Figure 4 : Principe de subdivision de la section de plancher pour le calcul de la rigidité efficace



Il convient de réadapter cette méthode selon le même principe mais avec les plis 2 et 4 en partie [1] et le pli 3 en partie [2] si le calcul avec les formules ci-dessus positionne l'axe neutre au niveau du pli 3 (ce qui peut être le cas à long terme).

Situation d'incendie

Le même principe peut être appliqué en situation d'incendie selon que le pli inférieur soit entièrement carbonisé ou non après la durée de résistance visée.

Phase provisoire – Dalle de compression réalisée sur site – Prédalle bois

En phase provisoire, en cas de réalisation sur site de la dalle de compression, la rigidité de la prédalle bois est la rigidité du panneau de base CLT, dont on rappelle qu'il compte au minimum 5 plis.

Rigidité dans le sens transversal

Lorsqu'une vérification est nécessaire dans le sens transversal (perpendiculaire au sens porteur de l'élément HOBOA), la rigidité est calculée par simple superposition de la rigidité de la dalle de compression et de celle de la prédalle bois (méthode des gammes sur les plis transversaux, négligeant les deux plis longitudinaux extérieurs), sans effet de la liaison.

4.6.2 RESISTANCE DE LA LIAISON BOIS-BETON

La résistance de la liaison bois-béton est déterminée selon les principes de la XP CEN/TS 19103 :2025, §10.3.4.3 (entailles) adaptés à la configuration de la liaison et aux modes de rupture observés expérimentalement, en vérifiant les modes de rupture suivants :

- Cisaillement du béton au droit de la rainure
- Compression du béton au droit de la rainure
- Cisaillement (roulant) du bois au droit de la rainure
- Compression du bois au droit de la rainure

On vérifie la résistance de calcul $F_{v,Rd}$ de la connexion déterminée comme suit vis-à-vis de l'effort de cisaillement $F_{v,Ed}$ (§4.6.6) :

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd} = \min \begin{cases} F_{v,Rd,(a)} = b_n \cdot l_{n,c} \cdot f_{v,cd} & (a) \\ F_{v,Rd,(b)} = b_n \cdot h_n \cdot f_{cd} & (b) \\ F_{v,Rd,(c)} = b_n \cdot \min \{ v_n - l_{n,t} / 2 ; s_n - l_{n,t} ; 8 \cdot h_n \} \cdot f_{vr,d} & (c) \\ F_{v,Rd,(d)} = b_n \cdot \min \{ h_n ; h_2 \} \cdot f_{c,0,d} & (d) \end{cases}$$

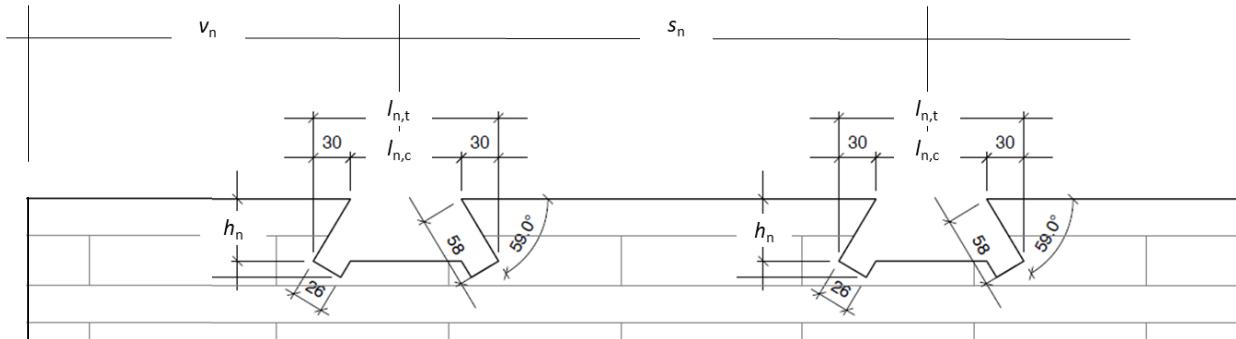
où : b_n = $B = 1,0$ m ; la largeur de la rainure dans le sens transversal à l'élément pour un élément unitaire
 $l_{n,c}$ = 90 mm ; la longueur de la rainure à l'interface entre la pré dalle bois et la dalle béton
 $l_{n,t}$ = 150 mm ; la longueur de la rainure en fond de rainure dans la pré dalle bois
 h_n = 50 mm ; la hauteur (profondeur) de la rainure
 s_n l'entraxe entre les rainures
 v_n la distance de l'extrémité de l'élément HOBOA à l'axe de la première rainure
 $f_{v,cd}$ la valeur de calcul de la résistance au cisaillement du béton calculée comme suit :

$$f_{v,cd} = \frac{\nu \cdot f_{cd}}{(\cot \theta + \tan \theta)} \quad \text{avec : } \nu = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) \quad \text{selon NF EN 1992-1-1, §6.2.2(6)}$$

où θ est l'angle entre la bielle de compression et la fibre moyenne de l'élément défini dans (NF EN 1992-1-1, §6.2.3) et pris forfaitairement égal à 45° compte tenu de l'inclinaison des armatures de chaise

f_{cd} la valeur de calcul de la résistance à la compression du béton selon NF EN 1992-1-1
 $f_{vr,d}$ la valeur de calcul de la résistance au cisaillement roulant du CLT selon l'AT ou DTA de ce dernier
 $f_{c,0,d}$ la valeur de calcul de la résistance à la compression axiale du bois selon NF EN 1995-1-1

Figure 5 : Dimensions de la liaison pour la détermination de sa résistance



4.6.3 RAIDEUR DE GLISSEMENT DE CISAILLEMENT DE LA LIAISON BOIS-BETON

La raideur de glissement de cisaillement de la liaison pour la zone de contact entre le béton et le bois est prise égale à :

- à l'ELS $K_{n,ser}$ = 1 310 kN /mm par mètre de largeur de rainure
- à l'ELU $K_{n,ser}$ = 980 kN /mm par mètre de largeur de rainure

La raideur de glissement de cisaillement de la liaison complète $\left(\frac{K}{s} \right)_c$ est déterminée conformément au §4.6.1.

4.6.4 PROPRIETES A LONG TERME

On tient compte de l'effet à long terme du fluage sur la distribution des contraintes et la déformation de la section composite en prenant en compte les valeurs finales des modules d'élasticité des composants et de la rigidité de la liaison bois-béton,

conformément au §4.3.2(6) et (7) de la XP CEN/TS 19103:2025, comme suit :

Pour le béton :
$$E_{conc,fin} = \frac{E_{conc(t_0)}}{1 + \psi_{conc} \cdot \varphi_{(\infty,t_0)}}$$

où : $\varphi_{(\infty,t_0)}$ est le coefficient de fluage du béton selon NF EN 1992-1-1, §3.1.4 ;

Pour le bois :
$$E_{tim,fin} = \frac{E_{tim}}{1 + \psi_{tim} \cdot k_{def}}$$

où : k_{def} est le coefficient de fluage du bois NF EN 1995-1-1, §3.1.4

Pour l'assemblage :
$$K_{ser,fin} = \frac{K_{ser}}{1 + \psi_{conn} \cdot k_{def}}$$
 et :
$$K_{u,fin} = \frac{K_u}{1 + \psi_{conn} \cdot k_{def}}$$

où : $k_{def}' = 2 \cdot k_{def}$ conformément au §4.3.2(6) de la XP CEN/TS 19103:2022

Dans les conditions de vérification à long terme (t_∞) on détermine les facteurs ψ_{conc} , ψ_{tim} et ψ_{conn} sont déterminés conformément au Tableau 7.1 de la XP CEN/TS 19103:2022 :

Dans tous les cas à t_∞ : $\psi_{tim} = 1,0$ et : $\psi_{conn} = 1,0$

Le facteur ψ_{conc} est déterminé en fonction de la valeur du coefficient de fluage du béton $\varphi_{(\infty,t)}$ et de celui du bois k_{def} tel que décrit dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Extrait du Tableau 7.1 de la XP CEN/TS 19103:2025

Béton	Bois	$t = \infty$
$\varphi_{(\infty,t)} = 2,5$	$k_{def} = 0,6$	$\psi_{conc} = 2,0 - 0,5 \cdot \gamma_{1,ser}^{1,9}$
	$k_{def} = 0,8$	$\psi_{conc} = 1,8 - 0,3 \cdot \gamma_{1,ser}^{2,5}$
$\varphi_{(\infty,t)} = 3,5$	$k_{def} = 0,6$	$\psi_{conc} = 2,6 - 0,8 \cdot \gamma_{1,ser}^2$
	$k_{def} = 0,8$	$\psi_{conc} = 2,3 - 0,5 \cdot \gamma_{1,ser}^{2,6}$

où $\gamma_{1,ser}$ est le coefficient d'action composite de l'élément béton calculé selon §4.6.1 avec $K_{n,ser}$ (§4.6.3)

Il convient de vérifier la situation intermédiaire ($t = 3$ à 7 ans) avec les valeurs de ψ_{conc} définies pour ce cas dans le Tableau 7.1, lorsque la condition du §7.1.2(4) de la XP CEN/TS 19103 : 2025 permettant de s'en affranchir n'est pas remplie.

4.6.5 INFLUENCE DU SEQUENÇAGE DE CONSTRUCTION

En cas de préfabrication intégrale des éléments HOBOA en usine

Sans objet

En cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur prédalles bois

Les prédalles bois du plancher HOBOA sont systématiquement étayées au moyen d'au moins une rangée d'étais.

Conformément au §7.2(1) de la XP CEN/TS 19103 : 2025, l'influence du séquençage de construction sur l'historique des divers efforts peut être négligé lorsque les deux conditions suivantes sont remplies :

- L'étalement peut être considéré comme efficace, et
- L'étalement est maintenu en place jusqu'à la durée nécessaire à l'atteinte de sa résistance en compression (28 jours).

L'étalement peut être considéré comme efficace lorsque la contrainte de flexion maximale induite par le poids propre du béton frais n'excède pas 10% de la valeur de calcul de la résistance en flexion du bois pour la durée de chargement correspondant à la phase provisoire.

Lorsque ces deux conditions ne sont pas vérifiées, il convient de prendre en compte les effets du séquençage de construction comme suit :

- La pré dalle bois étant sollicitée de manière hyperstatique en phase provisoire, l'enlèvement des étais entraîne la relaxation des efforts induits par les moments fléchissants au droit des appuis d'étalement sur la section mixte bois-béton isostatique, qu'il convient de prendre en compte en phase définitive (ceci peut être pris en compte en reportant des charges fictives linéaires de localisation et d'intensité correspondant aux réactions d'appui aux anciens emplacements des étais).
- L'accumulation de béton frais du fait de la déformation de la pré dalle bois entre étais doit être prise en compte aussi bien en phase provisoire qu'en phase définitive (elle peut être prise forfaitairement égale à 0,7 fois le fléchissement de la pré dalle sous l'épaisseur nominale de béton frais).

4.6.6 PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT

De manière générale, le plancher HOBOA peut être dimensionné en considérant un élément de largeur unitaire (1,0m) sur deux appuis (isostatique) auquel on applique la théorie des poutres, en tenant compte de sa rigidité efficace. Cette dernière est calculée en utilisant la théorie des poutres composites en flexion (dite méthode des gammes) de l'Annexe B de la NF EN 1995-1-1, le cas échéant adaptée à la configuration de la section, et déterminée conformément au §4.6.1.

Selon que l'on vérifie la section à l'ELU ou à l'ELS et à court ou long terme, on détermine les propriétés géométriques et mécaniques des composants à partir des grandeurs décrites au Tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Propriétés géométriques et mécaniques pour les vérifications à l'ELU et à l'ELS à court et à long terme

	Court terme		Long terme	
	ELU	ELS	ELU	ELS
Raideur de glissement de cisaillement de la zone béton-bois	$K_{1,u} = \frac{K_{n,u}}{S_{n,eff}}$	$K_{1,ser} = \frac{K_{n,ser}}{S_{n,eff}}$	$K_{1,u,fin} = \frac{K_{1,u}}{1 + \psi_{conn} \cdot k_{def}}$	$K_{1,ser,fin} = \frac{K_{1,ser}}{1 + \psi_{conn} \cdot k_{def}}$
Module de cisaillement roulant du bois	$G_{r,t}$		$G_{r,t,fin} = \frac{G_{r,t}}{1 + \psi_{tim} \cdot k_{def}}$	
Raideur en cisaillement roulant du bois	$K_2 = \frac{G_{r,t} \cdot B}{h_t}$		$K_{2,fin} = \frac{K_2}{1 + k_{def}}$	
Module d'élasticité du béton	$E_1 = E_{conc(t_0)}$		$E_{1,fin} = \frac{E_{conc(t_0)}}{1 + \psi_{conc} \cdot \Phi_{(\infty, t_0)}}$	
Module d'élasticité du bois	$E_i = E_{mean,i}$		$E_{i,fin} = \frac{E_{mean,i}}{1 + \psi_{tim} \cdot k_{def}}$	
Autres propriétés et rigidité efficace	$\gamma_{1,[x]}, \gamma_{4,[x]}, a_{1,[x]}, a_{3,[x]} \text{ et } a_{4,[x]}$ $[x] = u$	$a_{1,[x]}, a_{3,[x]}$ $[x] = ser$	$EI_{eff,[x]}$ $[x] = u,fin$	$a_{4,[x]}$ $[x] = ser,fin$

Section composée mixte bois-béton

Les contraintes dans les différents éléments bois et béton de la section composée ainsi que l'effort dans la liaison bois-béton sont déterminées selon la méthode dite des gammas, décrite à l'Annexe B de la NF EN 1995-1-1, adaptée le cas échéant tel que décrit au §4.6.1, dont on rappelle ici le principe, avec [x] tel que défini au Tableau 2 :

Contraintes normales :
$$\sigma_{i,[x]} = \frac{\gamma_{i,[x]} \cdot a_{i,[x]} \cdot E_{i,[x]}}{EI_{eff,[x]}} \cdot M_{d,[x]} \quad \text{pour } i = 1, 3 \text{ ou } 4$$

Contraintes de flexion :
$$\sigma_{m,tot,i,[x]} = \sigma_{i,[x]} + \frac{0,5 \cdot E_{i,[x]} \cdot h_i}{EI_{eff,[x]}} \cdot M_{d,[x]} \quad \text{pour } i = 1, 3 \text{ ou } 4$$

Pour le cisaillement dans la pré dalle bois on vérifie le cisaillement longitudinal dans le pli central (3) et le cisaillement roulant dans les plis longitudinaux (3) et (4) (*formules simplifiées tenant compte du fait que $b_i = B$*) :

$$\text{Cisaillement longitudinal : } \tau_{3,[x]} = \frac{\gamma_{4,[x]} \cdot E_{4,[x]} \cdot h_4 \cdot a_{4,[x]} + 0,5 \cdot E_{3,[x]} \cdot \left(a_{3,[x]} + \frac{h_3}{2} \right)^2}{EI_{eff,[x]}} \cdot V_{d,[x]}$$

$$\text{Cisaillement roulant : } \tau_{i,[x]} = \frac{\gamma_{i,[x]} \cdot E_{i,[x]} \cdot h_i \cdot a_{i,[x]}}{EI_{eff,[x]}} \cdot V_{d,[x]} \quad \text{pour } i = 3 \text{ ou } 4$$

(le cisaillement roulant dans le pli (2) est vérifié par le biais de la vérification de la liaison bois-béton)

La vérification de l'effort dans la liaison bois-béton vérifie également le cisaillement roulant dans le pli (2) (cf. §4.6.2) :

$$F_{v,Ed,[x]} = \frac{\gamma_{1,[x]} \cdot E_{1,[x]} \cdot A_1 \cdot a_{1,[x]} \cdot s_{n,eff}}{EI_{eff,[x]}} \cdot V_{d,[x]}$$

Pour une liaison bois-béton :

où : $s_{n,eff} = 0,75 \cdot s_{n,min} + 0,25 \cdot s_{n,max}$ l'entraxe efficace des rainures de liaison (§3.1.2)

Prédalle bois seule

En phase provisoire en cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur pré dalles bois, ou pour une vérification dans le sens transversal, les contraintes dans les différents plis de la pré dalle bois sont déterminées pour la pré dalle seule selon les méthodes de vérification du panneau de base CLT décrites dans son AT ou DTA et le Cahier 3802_P2.

4.6.7 VÉRIFICATION EN PHASE PROVISOIRE

La vérification en phase provisoire n'est en général nécessaire qu'en cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur pré dalles bois. Ce qui suit porte donc principalement sur cette situation.

4.6.7.1 Hypothèses

La vérification en phase provisoire porte sur la pré dalle bois seule, appuyée sur ses appuis définitifs ainsi que sur l'étalement et soumise :

- à son poids propre ;
- au poids du béton frais déterminé à partir de l'épaisseur effective du béton, tenant compte de l'éventuelle surépaisseur par rapport à l'épaisseur nominale due au fléchissement de la pré dalle bois (cf. §4.6.5) ;
- à la charge d'exécution liée au coulage du béton selon NF EN 1991-1-6, §4.11.2



Dans tous les cas, la structure bois est vérifiée dans les conditions de la Classe de Service 2.

4.6.7.2 Vérification à l'ELU court terme

On détermine les efforts dans la pré dalle bois selon les méthodes de vérification du panneau de base CLT décrites dans son AT ou DTA et le Cahier 3802_P2. Les propriétés prises en compte sont celles de l'ELU court terme au sens du Tableau 2.

On vérifie conformément à la NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale :

- les contraintes de traction, compression, flexion (traction-flexion combinées) et cisaillement roulant dans les plis de la pré dalle bois ;
- la compression transversale aux appuis (d'extrémité et d'étalement).

On vérifie par ailleurs si le taux de travail n'excède pas 10% afin de pouvoir déterminer si l'étalement peut être considéré comme efficace au sens du §7.2(1) de la XP CEN/TS 19103 : 2022 ou non, et en déduire la nécessité ou non de prise en compte du séquençage de construction dans la vérification en phase définitive (cf. §4.6.5).

La prédalle bois sous charges gravitaires seules est vérifiée pour une durée de chargement Court terme (au sens de la NF EN 1995-1-1).

4.6.7.3 Vérification à l'ELS

On détermine la déformation instantanée de la prédalle bois à partir de sa rigidité efficace selon les méthodes de vérification du panneau de base CLT décrites dans son AT ou DTA et le Cahier 3802_P2. Les propriétés prises en compte sont celles de l'ELS court terme au sens du Tableau 2.

On vérifie que cette déformation instantanée n'excède pas :

- L/500 si un aspect de sous-face est nécessaire ;
- L/300 dans le cas contraire.

4.6.7.4 Vérification en phase provisoire de la section composée

Si une vérification à l'ELU ou à l'ELS de la section composée est nécessaire, on détermine les efforts dans les composants et la liaison conformément au §4.6.6 et la rigidité efficace conformément au §4.6.1. Les propriétés prises en compte sont celles de court terme au sens du Tableau 2.

La section composée est vérifiée pour une durée de chargement Court terme (au sens de la NF EN 1995-1-1) ou Instantanée (cas de l'action combinée du vent).

4.6.8 VERIFICATION EN PHASE DEFINITIVE

4.6.8.1 Hypothèses

La vérification en phase définitive porte sur le plancher mixte bois-béton tenant compte de la rigidité de la connexion bois-béton, appuyée sur ses appuis définitifs et soumise :

- à son poids propre incluant le poids du béton sec estimé à partir de l'épaisseur effective du béton ;
- aux autres charges permanentes telles que le poids propre des éléments de second œuvre rapportés (notamment le revêtement de sol) ou celle induite par les cloisons de distribution ;
- à la charge d'exploitation selon NF EN 1991-1-1 et son Annexe Nationale ;
- aux efforts de contreventement induits par l'action du vent sur la structure globale selon NF EN 1991-1-4 et son Annexe Nationale.

Le plancher est vérifié dans les conditions de la Classe de Service 1, sauf disposition contraire définie au §6.4 pour l'application en toiture terrasse.

Le plancher est vérifié dans les conditions d'environnement quasi-constantes au sens du §3.1.5 et §4.3.3.1 de la XP CEN/TS 19103:2022 (humidité des bois mis en œuvre proche de celle en service, variation d'humidité moyenne de la section de bois en service n'excédant pas 6%, variation de température de l'air n'excédant pas 20°C).

Note : Les conditions d'environnement quasi-constantes permettent de négliger l'influence de la variation d'humidité du bois, de la variation de température du bois et du béton, des effets différentiels au cours du temps de ces phénomènes.

Il convient de se reporter au §6 de manière générale et au §6.3 pour les dispositions particulières liées au dimensionnement des planchers HOBOA en toitures terrasses.

4.6.8.2 Vérification à l'ELU court terme

On détermine les efforts dans les composants et la liaison conformément au §4.6.6 et la rigidité efficace conformément au §4.6.1. Les propriétés prises en compte sont celles de l'ELU court terme au sens du Tableau 2.

On vérifie conformément à la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale :

- la contrainte de compression et flexion combinée en haut de la dalle de compression béton ;
- la contrainte de traction reprise par les armatures dans la dalle de compression béton ;
- la contrainte de compression des bielles de compression.

On vérifie conformément à la NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale :

- les contraintes de traction, compression, flexion (traction-flexion combinées) et cisaillement roulant dans les plis de la pré dalle bois ;
- la compression transversale aux appuis (d'extrémité et d'étalement) ;
- les efforts de cisaillement des fixations des modules bois aux appuis et, le cas échéant, entre eux (couturage).

On vérifie conformément au §4.6.2 :

- l'effort de cisaillement sur la liaison bois-béton.

Ces vérifications sont également menées en tenant compte de l'action combinée des actions gravitaires et des efforts de contreventement induits par l'action du vent.

La structure bois sous charges gravitaires seules est vérifiée pour une durée de chargement Court terme (au sens de la NF EN 1995-1-1).

La structure bois sous combinaison des charges gravitaires et de l'effort de contreventement est vérifiée pour une durée de chargement Instantanée (au sens de la NF EN 1995-1-1).

4.6.8.3 Vérification à l'ELU long terme

On détermine les efforts dans les composants et la liaison conformément au §4.6.6 et la rigidité efficace conformément au §4.6.1. Les propriétés prises en compte sont celles de l'ELU long terme au sens du Tableau 2.

Les vérifications menées sont identiques à celles décrites au §4.6.8.2.

La structure bois sous charges gravitaires seules est vérifiée pour une durée de chargement Moyen terme (au sens de la NF EN 1995-1-1).

La structure bois sous combinaison des charges gravitaires et de l'effort de contreventement est vérifiée pour une durée de chargement Instantanée (au sens de la NF EN 1995-1-1).

4.6.8.4 Vérification à l'ELS - Déformations

On détermine la déformation du plancher mixte bois-béton à partir de la rigidité efficace déterminée conformément au §4.6.1, avec les propriétés d'ELS court terme ou long terme au sens du Tableau 2 selon la flèche vérifiée (voir ci-après - où L est la portée entre appuis du plancher HOBOA).

Flèche instantanée due aux actions variables

Il convient que la flèche instantanée due aux actions variables $w_{inst(Q)}$ n'excède pas $L/300$.

La flèche est calculée avec les propriétés d'ELS court terme au sens du Tableau 2.

Flèche nette finale due à toutes les actions

Il convient que la flèche nette finale due à toutes les actions $w_{net,fin}$ n'excède pas :

- Pour les éléments de plancher : $L/250$.
- Pour les éléments de toiture support d'étanchéité :
 - $L/250$ pour une pente de 3% minimale
 - $L/500$ pour une pente de 2% minimale (hors toitures végétalisées)
 - $L/500$ pour $L \leq 5,0$ m pour les toitures à pente nulle conformes au §6.4.

La flèche est calculée avec les propriétés d'ELS long terme au sens du Tableau 2.

Flèche active

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

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

- Les déformations différées sous l'action du poids propre du plancher ;
- Les déformations totales dues aux charges permanentes mises en œuvre après les éléments fragiles ;
- Les déformations différées sous l'action de toutes les charges permanentes ;

- Les déformations totales dues à la part quasi permanente des charges d'exploitation.

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

- $L/350$ pour $L \leq 7,0$ m ;
- $10 \text{ mm} + L/700$ pour $L > 7,0$ 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 $L \leq 5,0$ m ;
- $5 \text{ mm} + L/1000$ pour $L > 5,0$ m.

La flèche est calculée avec les propriétés d'ELS long terme au sens du Tableau 2.

Porte-à-faux

La longueur des porte-à-faux est limitée à 50% de la longueur de la travée adjacente d'équilibre, sans excéder 3,0 m.

La flèche au droit des porte-à-faux est limitée à $2.L/K$ lorsque celle de la portée courante est limitée à L/K (où K est par exemple 500 pour la flèche active des planchers supports de revêtements de sols rigides), sans pour autant que la limite qui en résulte soit inférieure à 5 mm ou excède les limites de déformation (flèche ou déplacement) prévues par certains NF DTUs.

4.6.8.5 Vérification à l'ELS - Critère vibratoire

La vérification est menée selon la méthode décrite au §3.3.6 du Cahier 3802_P2 (basée sur l'Annexe Nationale Autrichienne de l'Eurocode 5 (ÖNORM EN 1995-1-1+A1/NA:2013)).

On détermine la rigidité efficace du plancher dans les deux directions conformément au §4.6.1.

Les propriétés prises en compte sont celles de l'ELS court terme au sens du Tableau 2.

4.6.9 VERIFICATION DES SOLICITATIONS DANS LE PLAN

La vérification des efforts de diaphragme dans le plan du plancher est réalisée :

- Dans le cas de la mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur prédalles bois : conformément à la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale, la fonction de diaphragme étant assurée par la dalle béton armée.

4.6.10 VERIFICATION EN SITUATION D'INCENDIE

Le procédé HOBOA est à même de satisfaire aux exigences réglementaires relatives au degré de résistance au feu des éléments porteurs horizontaux dans les conditions décrites dans l'appréciation de laboratoire agréée n° AL21-318 dont on rappelle ci-après les principes et notamment celui de la mobilisation des liaisons bois-béton :

- La vérification est menée conformément à la NF EN 1995-1-2 et son Annexe Nationale et aux dispositions de l'AL21-318, avec les propriétés d'ELU court terme au sens du Tableau 2, sur la section composite formée par :
 - la section de pré dalle bois réduite après carbonisation partielle durant la durée d'exposition au feu,
 - la dalle de compression béton non modifiée, et
 - la liaison bois-béton réputée non modifiée (car protégée par la pré dalle réduite) qui est mobilisée.
- La section de pré dalle bois réduite après une durée d'exposition au feu correspondant au degré de résistance au feu visé est déterminée conformément à l'appréciation de laboratoire du panneau de base CLT formant la pré dalle.
- On vérifie dans tous les cas que :
 - La section de pré dalle bois réduite comporte encore au moins 2 plis longitudinaux non intégralement carbonisés en partant de la dalle de compression béton ; et que
 - Le pli longitudinal non intégralement carbonisé le plus éloigné de la dalle de compression béton conserve une épaisseur minimale résistante (non carbonisée) de 15 mm, calculée en tenant compte de la profondeur de carbonisation d_{ef} de la NF EN 1995-1-2.

- La rigidité efficace de la section composite est déterminée :
 - Conformément au §4.6.1 (Annexe B de la NF EN 1995-1-1 adaptée) si la section de pré dalle bois réduite comporte encore au moins 3 plis longitudinaux non intégralement carbonisés ;
 - Conformément à l'Annexe B de la NF EN 1995-1-1 (non adaptée) si la section de pré dalle bois réduite ne comporte plus que 2 plis longitudinaux non intégralement carbonisés.

Il convient en outre d'utiliser les coefficients suivants :

- Pour la partie bois : $\gamma_{M,fi,tim} = 1,0$; $k_{fi} = 1,15$; $k_{mod,fi} = 1,0$ (valeur de k_{fi} selon AL21-318)
- Pour la partie béton : $\gamma_{M,fi,conc} = 1,25$

Le degré de résistance peut également 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.

4.6.11 VERIFICATION EN SITUATION SISMIQUE

4.6.11.1 Dispositions générales

Le plancher HOBOA permet de remplir la fonction de diaphragme horizontal, aussi bien pour la reprise des efforts de contreventement que pour celle des sollicitations sismiques en zone de sismicité 1 à 4 pour les catégories d'importance I à IV au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié. Lorsque des dispositions sont requises au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, il convient de vérifier les fonctions de diaphragme, de tirants-butons et l'intégrité suite au séisme.

De manière générale, la vérification est menée dans le respect des dispositions de la NF EN 1998-1+A1 et de son Annexe Nationale, avec les propriétés d'ELU court terme au sens du Tableau 2, complétées des dispositions générales suivantes et des dispositions particulières selon le mode de réalisation choisi décrites au §4.6.11.3 (dalle de compression sur site).

- Il convient de déterminer la résistance de la liaison bois-béton en tenant compte, pour le mode de rupture en cisaillement roulant du bois (c) uniquement (cf. §4.6.2), d'un coefficient de sécurité spécifique en situation sismique $\gamma_{M,vr} = 1,5$.
- Seuls sont admis les classes de résistance du béton C25/30 ou supérieures
- Le treillis anti-fissuration doit être au minimum de type ST15, de maille 180 x 200 mm, avec fils de diamètre 6 et 7 mm conforme à la NF A-35-016.
- La justification est menée en suivant le principe de comportement de structure soit dissipatif (Classe de ductilité M) soit faiblement dissipatif (Classe de ductilité L) conformément à la norme NF EN 1998-1.
- Il doit exister d'une part un chaînage périphérique continu, d'autre part un chaînage au croisement de chaque élément de contreventement avec le plancher.
- Les renforts des trémies doivent être dimensionnés pour transmettre les efforts aux éléments de contreventement. Le diaphragme doit être dimensionné en conséquence.
- Afin d'assurer la fonction tirant-button le plancher doit présenter en tout point une capacité de résistance ultime à la traction. La valeur de l'effort tirant-button 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-button déterminée par calcul.

4.6.11.2 En cas de préfabrication intégrale des éléments HOBOA

Sans objet

4.6.11.3 En cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression

En cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur pré dalles bois, la fonction de diaphragme est assurée par la dalle béton armé (l'épaisseur minimale de 70 mm définie au §4.3.2 quelle que soit la situation satisfait à l'exigence minimale du §5.10 de la NF EN 1998-1).

La vérification des efforts de diaphragme dans le plan du plancher et des liaisons du diaphragme de plancher aux contreventements verticaux est réalisée conformément à la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale.

- 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 satisfaites si, pour effectuer les vérifications de résistances appropriées, les effets de l'action sismique sont multipliés par le coefficient de sur-résistance γ_{rd} défini au § 4.4.2.5 de la NF EN 1998-1, pour lequel on prendra :
 - pour la dalle béton : $\gamma_{rd,conc} = 1,3$
 - pour la liaison bois-béton : $\gamma_{rd,conn} = 1,3$
 - pour les liaisons aux diaphragmes verticaux des prédalles bois : $\gamma_{rd,tim} = 1,6$
- La liaison de la dalle de compression béton aux appuis (contreventements verticaux) doit être réalisée par l'un des moyens suivants :
 - Pour les appuis sur béton : la dalle de compression béton est ancrée directement sur appui ;
 - Pour les appuis directs sur bois : la dalle de compression béton est connectée directement au moyen d'organes de type tige sous ETE visés par la XP CEN/TS 19103:2022 ;
 - Pour les appuis sur bois par l'intermédiaire de la pré dalle bois : la transmission des efforts de diaphragme de la dalle de compression béton à l'appui se fait en deux temps :
 - (1) La transmission des efforts de la dalle béton à la pré dalle bois est assurée par la liaison bois-béton dans le sens longitudinal et par des organes de type tige sous ETE visés par la XP CEN/TS 19103:2022 dans le sens transversal (uniquement en périphérie de la pré dalle bois) ;
 - (2) La transmission des efforts de la pré dalle bois aux appuis bois est assurée par les assemblages bois-bois ou métal-bois par le biais de ferrures, organes et ferrures d'assemblage conformes aux dispositions du §3.5.
- Les sections d'armatures disposées dans la dalle 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 convient de s'assurer de la résistance à la traction minimale des armatures dans les chainages de 70 kN du §9.10.2.2 de la NF EN 1992-1-1.

4.7 Autres dispositions de conception

4.7.1 TOLERANCES DU SUPPORT

La structure verticale formant support du plancher HOBOA doit satisfaire aux spécifications du NF DTU correspondant, et notamment se conformer aux tolérances d'exécution fixées :

- Pour les ouvrages en maçonnerie par le NF DTU 20.1 ;
- Pour les ouvrages en béton par le NF DTU 21 et NF DTU 23.1 ;
- Pour les ouvrages à structure bois par les NF DTU 31.1 et 31.2.

Il convient que la structure verticale, quelle que soit sa nature, respecte les tolérances d'exécution suivantes :

- Position d'un pied de poteau ou de voile : +/- 5mm en plan (XY) et +/- 5mm en altimétrie (Z)
- Position d'une tête de poteau ou de voile : +/- 15mm en plan (XY) et +/- 5mm en altimétrie (Z)

Soit une tolérance totale de positionnement en tête de poteau ou de voile : +/-20mm en plan (XY) et +/-10mm en altimétrie (Z).

En outre, l'horizontalité des supports devra satisfaire aux tolérances acceptables attendues du support précisées par le NF DTU 31.2 P1-1 pour les surfaces horizontales, et en particulier aux tolérances de planéité au droit des murs périphériques et sous semelle d'assise du mur :

- ± 5 mm sur une longueur de 10m linéaires, alignés ou non, et ± 2 mm sous réglent de 20 cm ;

et

- ± 5 mm sous la règle de 2 m.

L'ensemble de ces exigences sont plus sévères que certaines tolérances d'exécution des NF DTU cités.

4.7.2 APPUIS

4.7.2.1 Longueur d'appui minimale

Il convient de concevoir les appuis du plancher HOBOA de sorte que la longueur d'appui toutes tolérances épuisées soit d'au moins 50 mm.

4.7.2.2 Appuis intermédiaires

Les planchers sont justifiés intégralement en isostatique.

En cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur prédalles bois, la continuité de la dalle béton aux appuis intermédiaires peut être réalisée ou non. Dans ce dernier cas, la dalle béton doit être interrompue par un joint de fractionnement ou sciée à posteriori. En tout état de cause cette interruption n'est admise que si elle est prévue en phase de conception et décrite sur les plans d'exécution.

Lorsque la dalle béton est continue sur appuis intermédiaires, pour réduire les risques de fissuration au droit des appuis, il convient de prévoir des armatures supérieures capables d'équilibrer un moment égal à 0,30 M0 et de respecter un rapport de portées successives compris entre 0,8 et 1,2.

Les planchers pour lesquels cette continuité n'est pas assurée :

- sont admis uniquement dans le cas des revêtements et cloisons non-fragiles (voir aussi §4.8) ;
- nécessitent en toiture un traitement spécifique (notamment un pontage) des discontinuités pour la mise en œuvre d'une étanchéité (voir aussi §6)

4.7.3 JONCTIONS DES ELEMENTS PREFABRIQUES HOBOA ENTRE EUX

Sans objet

4.7.4 RESERVATIONS, TREMIES ET CHEVETRES

Il est possible de réaliser des ouvertures (réservations ou trémies) dans les ouvrages de plancher HOBOA :

- Soit au moyen de renforts structuraux de type poutre (formant un chevêtre porteur), le plancher est alors calculé comme normalement supporté ;
- Soit avec les éléments de plancher HOBOA seuls, il est alors nécessaire de procéder à des vérifications particulières.

De manière générale, on transpose aux éléments de plancher HOBOA les dispositions du §3.3.7 du Cahier 3802_P2.

On distingue ainsi les dispositions constructives suivantes pour les ouvertures dans les éléments de plancher :

- La réservation est de faibles dimensions (inférieures à 30 × 30 cm) : certaines dispositions précisées au §3.3.7.2 du Cahier 3802_P2 permettent de s'affranchir d'une vérification spécifique ;
- La réservation est située en bordure de panneau : la vérification peut être réalisée par décomposition comme décrit au §3.3.7.3 du Cahier 3802_P2 ;
- La réservation est intégralement comprise dans un même panneau : la vérification peut être réalisée par report de charge comme décrit au §3.3.7.4 du Cahier 3802_P2.

Dans tous les cas, il convient de mettre en œuvre localement des armatures de renforts d'angle dans la dalle béton et de tenir compte des réservations (autres que celles de faibles dimensions) dans la vérification des efforts de diaphragme de plancher.

4.7.5 PORTE-A-FAUX

La longueur des porte-à-faux est limitée à 50% de la longueur de la travée adjacente d'équilibre, sans excéder 3,0 m.

Le principe de la méthode de l'Annexe B de la NF EN 1995-1-1 s'applique aux éléments en console dont le porte-à-faux n'excède pas la moitié de la travée adjacente d'équilibre, moyennant de considérer pour le calcul de la rigidité efficace dans le porte-à-faux une portée égale à deux-fois la longueur de ce dernier.

4.8 Revêtements de sol

4.8.1 POUR LA MISE EN ŒUVRE SUR SITE DE LA DALLE DE COMPRESSION

Dans le cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur prédalles bois, le plancher HOBOA admet tout type de revêtement de sols admis sur support béton, quel que soit son mode de pose.

Cependant, en cas de planchers pour lesquels la continuité sur appui intermédiaire n'est pas assurée (§4.7.2.2), seuls sont admis les revêtements de sols non-fragiles ou les revêtements de sol dont le NF DTU ne requiert pas de continuité aux appuis.

5 MISE EN ŒUVRE

5.1 Agrément des entreprises de mise en œuvre

HORIZONS BOIS propose une procédure d'agrément et de formation des entreprises de charpente ou gros-œuvre souhaitant réaliser la mise en œuvre des plancher HOBOA.

L'instruction par HORIZONS BOIS des demandes d'agrément se base sur l'examen des références d'ouvrages similaires réalisés et présentés par l'entreprise, la prise d'avis auprès des maîtres d'ouvrage et maîtrises d'œuvre liés aux chantiers, et éventuellement la visite des chantiers en cours.

Les entreprises effectuant la mise en œuvre des planchers HOBOA doivent préalablement avoir reçu l'agrément de mise en œuvre de la part d'HORIZONS BOIS.

La liste des entreprises de mise-en-œuvre agréées est mise à disposition par HORIZONS BOIS sur simple demande.

5.2 Principes de mise œuvre du plancher HOBOA

5.2.1 RECEPTION DU SUPPORT

Avant la mise en œuvre, l'équipe de pose vérifie la conformité du support aux prescriptions du §4.7.1. Il convient de procéder à cette vérification le plus tôt possible après réalisation de la structure verticale, afin de permettre le cas échéant la mise en œuvre de solution de remédiation ou la prise en compte de déviations trop importantes dans la conception du plancher et de ses fixations.

5.2.2 PRINCIPE GENERAL DE MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre des prédalles bois HOBOA fait systématiquement l'objet d'un plan de pose détaillé, réalisé par le Bureau d'Etudes en charge de l'étude du plancher, qui décrit notamment les références des éléments HOBOA et l'ordre de pose prévu. Ce plan de pose est accompagné d'un carnet de détails d'exécution spécifique au chantier.

Dans le cas général, les éléments sont livrés à l'avancement du chantier pour une mise en œuvre concomitante au déchargement et donc un levage unique, sans stockage provisoire.

Il convient de se référer aux principaux détails d'exécution en annexe du présent dossier.

5.2.3 RECEPTION, DECHARGEMENT, LEVAGE, STOCKAGE (DISPOSITIONS COMMUNES)

5.2.3.1 Réception des éléments préfabriqués prédalles bois HOBOA

Les éléments préfabriqués prédalles bois HOBOA sont réceptionnés, déchargés et stockés sur chantier par l'entreprise en charge de leur mise en œuvre.

Les éléments sont livrés (et chargés sur le camion) de sorte à pouvoir être levés dans l'ordre de pose prévu au plan de pose.

L'ordonnancement du chantier doit permettre une pose à l'avancement et un stockage sur site n'excédant pas 3 à 4 jours.

Chaque élément doit faire l'objet d'un contrôle visuel d'aspect et de conformité au bon de livraison ainsi qu'au plan de pose. Ce contrôle est effectué par l'entreprise en charge de leur mise en œuvre.

5.2.3.2 Levage pour mise en œuvre

Avant levage, les éléments sont préparés comme suit :

- Mise en place des dispositifs de levage prévus à la commande (p.ex. vis d'ancre).
- Mise en place des garde-corps provisoires, le cas échéant dans les réservations prévues à cet effet.
- Le cas échéant pose des coffrages périphériques de réservation (cas de la réalisation sur site de la dalle de compression).
- Obturation des réservations.
- Fixation des élingues

Les éléments sont levés un par un à l'horizontale pour une mise en œuvre selon l'ordre de pose du plan de pose. Les élingues ne sont pas détachées avant la fin de la phase de sécurisation de la pose (cf. §5.2.4.1 ou §5.2.5.2).

5.2.3.3 Levage pour stockage provisoire

Dans le cas particulier où un stockage provisoire devait s'avérer nécessaire dans le respect des dispositions du §5.2.3.4, seuls les dispositifs de levage prévus à la commande (p.ex. vis d'ancre) sont mis en place avant la fixation des élingues.

Les éléments sont levés un par un à l'horizontale et stockés dans l'aire prévue à cet effet.

Afin de retrouver l'ordre de pose prévu dans le plan de pose, l'entreprise devra veiller à lever les éléments une 1^{ère} fois au déchargement pour un empilement provisoire, puis à les lever une 2^{nde} fois pour les empiler dans l'ordre prévu dans la zone de stockage effective.

5.2.3.4 Stockage provisoire

Dans le cas particulier où un stockage provisoire devait s'avérer nécessaire, une zone de stockage propre et plane doit être préparée avant le déchargement, disposant de suffisamment d'espace pour permettre les deux levages et empilements successifs décrits au §5.2.3.3.

Les éléments sont empilés sur les traverses bois prévues à cet effet en veillant au respect de l'alignement vertical de ces traverses. Tout contact avec le sol est à proscrire.

Ils sont ensuite bâchés et la zone de stockage est recouverte d'un abri mobile.

5.2.4 CAS DES ELEMENTS HOBOA PREFABRIQUES INTEGRALEMENT

5.2.4.1 Mise en œuvre

Sans objet

5.2.5 CAS DE MISE EN ŒUVRE SUR SITE DE LA DALLE DE COMPRESSION SUR PREDALLES BOIS HOBOA

5.2.5.1 Préparation et étaiement

Le levage et la pose des prédalles bois HOBOA ne peut intervenir qu'après l'implantation précise et validée des appuis (ferrures, pièces de bois, éléments béton, etc.) et la pose des résilients, joints, ... prévus dans les détails d'exécution du projet.

L'étalement (étau et poutrelle de soutien en tête d'étau) prévu au plan de pose est mis en place avec interposition le cas échéant d'une bande de panneau à base de bois (p.ex. contreplaqué) pour limiter les risques de marquage de la prédale bois en sous-face.

5.2.5.2 Mise en œuvre des prédalles bois

Il convient d'éviter la mise en œuvre des prédalles bois en cas de réalisation sur site de la dalle de compression au cours de périodes d'intempéries prolongées.

Les prédalles bois sont mises en œuvre en respectant l'ordre et le plan de pose.

L'étalement est mis en place préféablement avant la pose des prédalles bois.

Chaque prédale est posé sur ses appuis et sécurisée (fixations aux appuis, assemblages des prédalles entre elles,...).

Les élingues sont détachées uniquement après contrôle de ces divers assemblages.

Le stockage temporaire de matériau sur les prédalles n'est pas admis, à l'exception évidente des armatures du plancher.

L'entreprise en charge de la mise en œuvre procède sur chaque prédale bois aux contrôles dimensionnels, visuels et de conformité au plan de fabrication ainsi qu'aux contrôles de leur humidité ($\leq 12\% \pm 2\%$). Elle procède également à tous contrôle spécifié dans l'AT ou DTA du panneau structural massif bois concerné.

5.2.5.3 Protection vis-à-vis des intempéries

Avant ferraillage et mise en œuvre de la dalle de compression béton :

L'ordonnancement du chantier doit permettre une pose à l'avancement des prédalles bois et un démarrage du ferraillage le lendemain de la pose des prédalles (et donc un bétonnage de la dalle le surlendemain - cf. §5.2.5.4).

Dans le cas contraire, il convient de protéger provisoirement les prédalles des intempéries par le biais de panneaux à base de bois de protection provisoire (qui peuvent être posés en usine ou sur chantier) sur toute leur surface et, par bâchage (avec recouvrement et joints fermés par bande adhésive) mis en œuvre après la pose des prédalles. Ces panneaux permettent également d'éviter l'endommagement ou les salissures des rainures et autres réservations lors de la circulation du personnel de chantier.

Ces dispositions sont complétées de celles du guide *Construction bois et gestion de l'humidité en phase chantier* (CODIFAB) pour utilisation en plancher et dans le Cahier du CSTB 3814 pour l'utilisation en support d'étanchéité.

La mise en œuvre de la dalle de compression ne pourra intervenir qu'après vérification de l'humidité des prédalles décrite au §5.2.5.5.

Après mise en œuvre de la dalle de compression béton :

Il convient de procéder aux mesures habituelles de protection d'une dalle béton fraîchement réalisée vis-à-vis notamment du risque de gel, et de mettre en œuvre les protections permettant de limiter le ruissellement des eaux par les trémies et réservations.

5.2.5.4 Coffrage et ferraillage de la dalle de compression

Les réservations et trémies qui n'ont pas été coiffées préalablement avant levage sont coiffées en place.

Les éventuels inserts (p.ex. douilles de réservation pour garde-corps provisoires) sont installés.

Les armatures en chaises sont coupées à mesure en pied de chantier. Elles sont insérées dans les rainures des prédalles bois.

Le treillis soudé et le ferraillage complémentaire (y compris les éventuelles liaisons aux appuis) sont mis en œuvre selon plan de pose.

L'ordonnancement des travaux est réalisé de sorte que la zone de plancher ferraillée au cours d'une journée puisse être bétonnée au plus tard le lendemain, ce pour éviter un risque d'exposition prolongée aux intempéries.

5.2.5.5 Coulage de la dalle de compression béton

La mise en œuvre du béton ne revêt pas de différence avec celle d'un ouvrage de technique courante.

Elle intervient uniquement après contrôle méthodique de la conformité du ferraillage et notamment de la mise en place appropriée des armatures en chaise dans les rainures de la liaison bois-béton conformément au plan de pose.

Il convient également de vérifier au préalable que l'humidité des prédalles bois n'excède pas $12\% \pm 2\%$, sur la base de mesures à l'humidimètre à pointe réalisées dans le respect des dispositions du guide *Construction bois et gestion de l'humidité en phase chantier* (CODIFAB).

A la livraison, la mise en œuvre du béton est réalisée après vérification de la consistance et de la conformité de la qualité de béton avec la commande (qui doit être conforme aux dispositions du §3.2).

Le béton est contrôlé à chaque livraison et des éprouvettes sont prélevées (par série de 3, une fois par jour de coulage) en vue de vérifier la résistance à la compression à 28 jours du béton mis en œuvre.

5.2.5.6 Décoffrage

Le décoffrage des trémies et réservations ne revêt pas de différence avec celui d'un ouvrage de technique courante.

5.2.5.7 Démontage de l'étalement

La durée de maintien de l'étalement doit impérativement respecter le séquençage de construction prévu à la conception (§4.6.5).

Il convient de nettoyer les éventuelles salissures des sous-faces restant visibles immédiatement après le démontage des étais.

6 SUPPORT D'ETANCHEITE

6.1 Principe d'utilisation en toitures terrasses

En tant que structure porteuse plane mixte bois-béton, le procédé HOBOA :

- constitue un support béton de type A au sens du NF DTU 20.12 en cas de mise en œuvre sur site de la dalle de compression sur prédalles bois.

Il permet la réalisation des toitures isolées (toitures chaudes) inaccessibles ou accessibles décrites au §2 (Domaine d'emploi), en climat de plaine, au moyen de procédés d'étanchéité visés à ce même §2. En outre :

- On rappelle que les toitures-terrasses peuvent être à pente nulle à condition de respecter les prescriptions du §6.4. Dans les autres cas, la pente de toiture est au minimum de 2% sur plan et au maximum de 5%.
- La planéité de l'élément porteur et la préparation du support doivent être conformes aux NF DTU 20.12 et 43.1.
- Les fixations mécaniques du revêtement d'étanchéité ou de l'isolant support sont admises dès lors que l'épaisseur de la dalle de compression béton est d'au moins 80 mm.
- L'implantation des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales est conforme à l'annexe C du NF DTU 20.12 et DTU 60.11 P3.
- Les types de reliefs de relevés admis selon la destination des toitures terrasses sont ceux décrits au §6.2 (et Tableau 4).
- La résistance au vent des complexes d'étanchéité est celle indiquée dans leur Avis Techniques.
- La résistance thermique de l'isolation support d'étanchéité ou l'isolation inversée doit être supérieure ou égale, à deux fois (règle des 2/3 - 1/3) la résistance thermique du plancher HOBOA (pré dalle bois + dalle béton), donnée par :

$$R_{HOBOA} = \frac{e_{dalle}}{\lambda_{béton}} + \frac{e_{pré dalle}}{\lambda_{bois}}$$

6.2 Reliefs de relevés admis

Les types de reliefs de relevés admis avec le plancher HOBOA selon la destination des toitures terrasses sont ceux décrits au Tableau 4 ci-après :

- (1) Reliefs en béton solidaires du plancher sont conformes au NF DTU 20-12 et à son amendement A2.
- (2) Reliefs en béton avec costières métalliques dans la limite d'application du NF DTU 43.1, fixées mécaniquement dans l'élément porteur en béton d'épaisseur minimale de 80 mm en respectant la profondeur minimale d'ancrage de la fixation.
- (3) Reliefs en panneaux massif structural bois relevant du Cahier 3802 et faisant l'objet d'un AT ou DTA visant l'utilisation en toiture terrasse.
- (4) Reliefs constitués d'une paroi COB conforme aux NF DTU 31.2 avec panneau contreplaqué NF Extérieur CTB-X fixé à la paroi comme support de relevé.

Tableau 4 : Compatibilité des types de reliefs et des destinations des toitures terrasses avec le procédé HOBOA

		Relief			
		Béton (1)	Béton avec costière métallique (2)	Panneaux massif structural bois (3)	Paroi COB (4)
Destination de toitures				OUI sous condition (*)	OUI
Accessibles avec dalles sur plots ou platelage bois				OUI	
Inaccessibles	sans rétention des eaux pluviales			OUI	
Techniques ou à zones techniques				OUI	
Végétalisées	avec végétalisation extensive			OUI	
	avec végétalisation semi-extensive				
Jardins					

(*) OUI mais avec un niveau haut de la costière restant au maximum au niveau supérieur des dalles sur plots. De plus, il est rappelé que la protection du relevé doit être assurée par un bardage démontable empêchant le passage de l'eau et descendant jusqu'au niveau de la protection de l'étanchéité.

6.3 Dimensionnement

6.3.1 LIMITES DE FLECHE

On rappelle que conformément aux dispositions du §4.6.8.4 le plancher HOBOA support de toiture terrasse est dimensionné de sorte que :

- La flèche nette finale due à toutes les actions $w_{net,fin}$ n'excède pas :
 - L/250 pour une pente de 3% minimale
 - L/500 pour une pente de 2% minimale (hors toitures végétalisées)
 - L/500 pour les toitures à pente nulle conformes au §6.4.
- La flèche active $w_{2,fin}$ (dénommée Δft dans le FD P18 717) n'excède pas :
 - L/350 pour L ≤ 7,0 m ou 10 mm + L/700 pour L > 7,0 m

6.3.2 SURCHARGE LIEE A L'AMPLIFICATION DES FLECHES SOUS ACCUMULATION D'EAU

Le respect des limites de flèche nette finale pour les supports de toitures terrasses pentés permettent d'éviter les phénomènes d'amplification des flèches sous accumulation d'eau. Les seules charges spécifiques à prendre en compte sont celles décrites au Tableau 5 (§6.3.3).

Pour les phénomènes d'amplification des flèches sous accumulation d'eau dans le cas des toitures à pente nulle conformes au §6.4. on vérifie le plancher en tenant compte d'une surcharge additionnelle surfacique d'eau moyenne en complément des charges d'exploitation correspondant à 0,7 fois la flèche w_{qp} sous combinaison quasi permanente, soit : $0,7 \cdot w_{qp} \cdot \rho_{eau}$.

6.3.3 CHARGES SPECIFIQUES LIEES AUX TOITURES TERRASSES

Outre les charges usuelles prises en compte pour le dimensionnement des toitures (poids propre, charges permanentes et d'exploitation, actions climatiques), il convient de prendre en compte certaines charges spécifiques selon la destination de la toiture terrasse visée. Ces charges sont décrites dans le Tableau 5 ci-après.

Tableau 5 : Charges spécifiques de toiture terrasse

Destination de toitures		Support penté	Support à pente nulle §6.4
Accessibles avec dalles sur plots ou platelage bois		(aucune)	① Surcharge additionnelle (§6.3.2)
Inaccessibles	sans rétention des eaux pluviales	(aucune)	Non visé
Techniques ou à zones techniques		(aucune)	
Végétalisées	avec végétalisation extensive	② Charges d'eau + ③ Surcharge forfaitaire	
	avec végétalisation semi-extensive		
Jardins		④ Charges de terre	

① Surcharge d'eau moyenne $0,7 \cdot w_{qp} \rho_{eau}$ liée à l'amplification des flèches sous accumulation d'eau selon (§6.3.2).

② Charges d'eau en fonction de la capacité maximale de rétention d'eau (CME selon l'Avis Technique du procédé de végétalisation).

③ Surcharge forfaitaire de 15 daN/m² pour tenir compte du risque d'accumulation d'eau.

④ Charges de terre en prenant une masse volumique des terres à 2100 kg/m³ selon le NF DTU 43.1 Annexe B

6.3.4 CLASSE DE SERVICE

Une étude de la position du point de rosée (diagramme de Glaser) ou de simulation de transfert hygrothermique permet d'évaluer le taux d'humidité de la pré dalle bois du plancher HOBOA et de définir la Classe de Service selon NF EN 1995-1-1 à laquelle il convient d'affecter le plancher pour son dimensionnement.

En l'absence d'une telle étude, les dispositions suivantes s'appliquent :

- Lorsque la dalle de compression béton est à la fois élément porteur et support du revêtement d'étanchéité ou d'un pare-vapeur en toiture chaude, l'intégralité du plancher se situant entre la membrane (jouant le rôle de pare-vapeur) et le local chauffé intérieur, le plancher peut être dimensionné dans les conditions de la Classe de Service 1.
- Dans les autres cas il convient de dimensionner le plancher dans les conditions de la Classe de Service 2.

6.4 Cas des toitures terrasses à pente nulle

Seules sont visées en toiture à pente nulle les zones individuelles de toitures terrasses cumulant les conditions suivantes :

- La toiture terrasse est accessible aux piétons et au séjour avec protection par dalle sur plots (ou platelage bois) ; et
- La zone de toiture concernée est en prolongation d'un espace intérieur (par retrait de la façade) sur une profondeur maximum de 3,50 m dans le sens porteur ; et
- La surface de la zone de toiture concernée n'excède pas 30 m² ; et
- La zone de toiture concernée est pourvue de deux évacuations des eaux pluviales de même section ainsi que d'un trop plein.

On vérifie le plancher en tenant compte de la surcharge additionnelle surfacique d'eau moyenne $0,7 \cdot w_{qp} \cdot \rho_{eau}$ (cf. §6.3.2).

6.5 Cas de préfabrication intégrale des éléments HOBOA

Sans objet

6.6 Matériaux

6.6.1 CONSTITUTION ET MISE EN ŒUVRE DU PARE-VAPEUR

Sont admis les pare-vapeurs en feuilles bitumineuses soudées conformes au NF DTU 43.1 ou définies dans les Documents Techniques d'Application (DTA) des revêtements d'étanchéité.

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

6.6.2 SUPPORT ISOLANT THERMIQUE

Sont admis les panneaux isolants thermiques sous revêtement apparent bénéficiant d'un DTA visant l'emploi sur éléments porteurs en béton, et les isolants sous protection bénéficiant d'un certificat ACERMI établi conformément aux Règles professionnelles de la CSFE « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » ou « Isolation inversée de toiture-terrasse », valable pour l'utilisation envisagée.

Les panneaux isolants sont mis en œuvre conformément à leur DTA particulier.

Les fixations mécaniques de l'isolant support sont admises à l'exception des cas d'isolation inversée, et dès lors que l'épaisseur de la dalle de compression béton est d'au moins 80 mm.

6.6.3 REVETEMENT D'ETANCHEITE

Sont admis de manière générale les revêtements d'étanchéité faisant l'objet d'un DTA pour l'emploi sur élément porteur en maçonnerie pour la destination considérée.

Dans le cas des toitures terrasses à pente nulle, seuls sont admis les revêtements d'étanchéité faisant l'objet d'un DTA pour l'emploi sur élément porteur en maçonnerie en pente nulle pour la destination considérée. Les prescriptions particulières du DTA du revêtement d'étanchéité en pente nulle s'appliquent.

6.6.4 PROTECTION

Sont admises les protections conformes au NF DTU 43.1 et aux DTA des revêtements d'étanchéité, aux Règles professionnelles de la CSFE « Isolants supports d'étanchéité en indépendance sous protection lourde » ou « Isolation inversée de toiture-terrasse », aux Avis Techniques (AT) des systèmes de végétalisation pour la destination visée.

La mise en œuvre des protections est décrite au §6.7

6.7 Protection des parties courantes

6.7.1 PROTECTION LOURDE RAPPORTEE EVENTUELLE

Selon la destination de la toiture, la protection pour terrasses accessibles, terrasses inaccessibles et terrasses techniques ou à zones techniques est réalisée conformément aux dispositions du NF DTU 43.1.

6.7.2 PROTECTION MEUBLE POUR TOITURES INACCESSIBLES

La protection meuble pour toitures inaccessibles est obligatoire :

- sur revêtement indépendant ;
- si le support est un ancien revêtement indépendant conservé ;

La protection meuble pour toitures inaccessibles est constituée de 4 cm de granulats minimum.

6.7.3 PROTECTION DURE SUR COUCHE DE DESOLIDARISATION DES TERRASSES TECHNIQUES OU A ZONES TECHNIQUES

La protection dure sur couche de désolidarisation est réalisée conformément aux dispositions des NF DTU 43.1 et NF DTU 20.12.

6.7.4 PROTECTION PAR DALLES SUR PLOTS

Il convient de veiller au respect des prescriptions du NF DTU 43.1 en matière de plots, de dalles et de mise en œuvre des protections par dalles sur plots.

6.7.5 PROTECTION PAR PLATELAGE BOIS

Il convient de veiller au respect des prescriptions des *Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des toitures-terrasses et balcons étanchés avec protection par platelage en bois* de la CSFE (juin 2017) en matière de plots, de choix des lambourdes et lames de platelage et de mise en œuvre des protections par platelage bois.

6.7.6 PROTECTION POUR TOITURES TERRASSES VEGETALISEES

Il convient de veiller au respect des prescriptions de l'Avis Technique du procédé de végétalisation.

6.8 Points singuliers

6.8.1 RELEVÉS

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

La couche pare-vapeur est relevée afin d'assurer un recouvrement avec le revêtement d'étanchéité d'au moins 6 cm.

Le relevé étanché est muni en tête d'un dispositif d'écartement des eaux de ruissellement conforme au NF DTU 43.1.

Les relevés d'étanchéité peuvent être mise en œuvre sur les reliefs décrits au Tableau 4 en fonction de la destination de toiture terrasse visée.

1.1.1 JOINT DE DILATATION

Les joints de dilatation sont exécutés sur costières en béton ou en bois conformément aux dispositions des NF DTU 20.12 et NF DTU 43.1.

6.9 Evacuation des eaux pluviales

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

Les descentes d'eaux pluviales 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 (le cas échéant sous les dalles sur plots ou le platelage bois).

Dans le cas particulier des toitures à pente nulles visées, il convient de respecter les dispositions minimales décrites au §6.4.

6.10 Trop-plein

Lorsque les trop-pleins sont obligatoires, leur implantation est conforme au §8.6.1 du NF DTU 43.1 et au §C4.4 du NF DTU 20.12.

Conformément aux dispositions du §C.4.4 du NF DTU 20.12, les trop-pleins sont obligatoires :

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

Dans le cas particulier des toitures à pente nulles visées, il convient de respecter les dispositions minimales décrites au §6.4.

6.11 Organisation de la mise en œuvre

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

- La construction du plancher HOBOA formant support et 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 :
 - Les lanterneaux ou bandes éclairantes ou voûtes d'éclairage ;
 - Les sorties de crosse ;
 - Les pénétrations diverses et variées ;
 - Les 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.
- Vérifie les réservations nécessaires au système d'étanchéité prévues par le maître d'œuvre.

7 FABRICATION ET CONTROLES

7.1 Fabrication

La fabrication des composants sont réalisées sur la base de plans de fabrication précisant l'ensemble des composants, réservations et autres informations nécessaires à la fabrication. Ces plans sont réalisés sur la base de l'étude de structure du plancher et comportent le repérage des éléments dans l'ouvrage.

Le mode opératoire de fabrication détaillé est fourni en annexe. On en rappelle ici les éléments clés.

7.1.1 FABRICATION DES COMPOSANTS

La fabrication des composants est réalisée par les fournisseurs agréés par HORIZONS BOIS, conformément au cahier des charges contractuel qui les lie et qui reprend les éléments caractéristiques décrits au §3, et notamment :

- conformément au §3.1 pour les prédalles bois et leurs usinages (rainures pour liaison bois-béton, autres usinages) ;
- conformément au §3.2 pour le béton mis en œuvre en usine ;
- conformément au §3.3 pour les armatures spécifiques en chaise et autres armatures mises en œuvre en usine.

Les fournisseurs de prédalles bois agréés sont : LIGNATEC (KLH), PIVETEAU (Hexapli), SCHILLIGER (PMC et PMC+), STORA ENSO (Stora Enso CLT),

Les fournisseurs de béton prêt à l'emploi agréés sont :

- Pour la mise en œuvre du béton sur chantier : une centrale certifiée NF BPE.

7.1.2 CAS DE PREFABRICATION INTEGRALE DES ELEMENTS HOBOA

Sans objet

7.1.3 CAS DE MISE EN ŒUVRE SUR SITE DE LA DALLE DE COMPRESSION

Les prédalles bois avec leurs usinages sont fabriquées par le fournisseur agréé conformément au §3.1 et livrées directement sur chantier. Il délivre un bon d'autocontrôle.

Les armatures spécifiques en chaise pour la liaison bois-béton sont commandées par HORIZONS BOIS auprès du fournisseur agréé qui les fabrique conformément au §3.3.1 et les livre directement sur chantier.

Dans les deux cas, chaque élément est identifié selon le plan de pose.

Les autres composants sont commandés par l'entreprise de mise en œuvre conformément aux §3.2 (béton) et §3.3.2 (armatures).

7.2 Contrôles

7.2.1 CONTROLES DE FABRICATION DES COMPOSANTS

Le fournisseur agréé fabrique et réalise le contrôle de production en usine conformément au référentiel concerné (AT ou DTA pour le panneau CLT, norme pour les armatures ou le béton), en tenant compte du cahier des charges qui le lie contractuellement à HORIZONS BOIS et du plan de fabrication qui lui est transmis systématiquement pour chaque commande.

Le fournisseur de prédalles bois usinées fournit en outre un bon d'auto-contrôle.

7.2.2 CONTROLES DES COMPOSANTS ENTRANTS

Les composants entrants font l'objet d'un plan de contrôle visant notamment le contrôle des dimensions et de l'aspect du composant ainsi que de l'étiquetage d'identification selon le plan de fabrication. Le plan de contrôle prévoit en particulier :

- La réalisation des contrôles dimensionnels, visuels et de conformité au plan de fabrication de chaque pré dalle bois ;
- Le contrôle de l'humidité des prédalles bois ($\leq 12\% \pm 2\%$) sur chaque pré dalle ;
- Le contrôle de la classe de consistance du béton (S4) sur chaque camion ;
- Le prélèvement d'une éprouvette de béton par camion (et au moins 3 éprouvettes par jour de coulage) pour suivi de la résistance à la compression.

7.2.3 CONTROLES EN COURS DE PREFABRICATION ET SUR PRODUIT FINI

Sans objet

7.3 Identification

Chaque élément les prédalles bois HOBOA est identifié individuellement avec une étiquette mentionnant le nom du produit (HOBOA, du fabricant (HORIZONS BOIS), la date de fabrication, la référence de l'opération et la référence du panneau selon le plan de fabrication/de pose.

Il en est ainsi pour chaque prédalles bois qui sera livrée directement sur chantier.

7.4 Stockage en usine

Les composants et panneaux sont stockés à l'abri des intempéries dans un local à température minimale contrôlée et dans des zones dédiées au stockage.

8 ASSISTANCE TECHNIQUE

En phase d'avant-projet, le prédimensionnement du plancher HOBOA est réalisé exclusivement par HORIZONS BOIS (ou par un Bureau d'Etudes partenaire spécifiquement mandaté à cet effet et sous la responsabilité d'HORIZONS BOIS).

HORIZONS BOIS fournit en outre une liste des Bureaux d'Etudes à même de réaliser les études de conception et d'exécution des planchers HOBOA et ayant reçu préalablement l'agrément d'études par HORIZONS BOIS.

En phase de conception, HORIZONS BOIS fournit en première ligne un support technique aux concepteurs dans les conditions décrites au §4.1.2.

HORIZONS BOIS fournit également une liste des entreprises à même de réaliser la mise en œuvre du plancher HOBOA et ayant reçu préalablement l'agrément de mise en œuvre par HORIZONS BOIS.

HORIZONS BOIS fournit en première ligne un support technique aux entreprises de mise en œuvre du plancher.

Une assistance sur chantier est également fournie sur demande lors de la réalisation de la 1^{ère} opération comportant un plancher HOBOA par une entreprise nouvellement agréée.

9 MENTION DES JUSTIFICATIFS

Le procédé HOBOA a fait l'objet de plusieurs études expérimentales, complétées de rapports d'interprétation et de travaux scientifiques. On mentionne ci-après les éléments principaux.

- Rapport d'essai INSA-HOBOA 2 : Essais Push-out statiques (31/03/2020).
- Rapport d'essai INSA-HOBOA 3 : Essais de flexion (14/12/2020).
- Rapport d'essai INSA-HOBOA 4 : Essai push out statique (26/03/2021).
- Rapport d'essai INSA-HOBOA 5 : Essai push out cyclique - béton faible résistance (29/06/2021).
- Rapport d'essai INSA-HOBOA 6 : Essai push out cyclique - béton résistance usuelle (27/09/2021).
- Appréciation de laboratoire agréé n° AL21-318 du CSTB

FIGURES DU DOSSIER TECHNIQUE

Les présentes figures du dossier technique sont des exemples de solutions extraits des carnets de détails plus complets présentés en annexe du dossier d'ATEX lors de son évaluation. A chaque figure est indiquée la correspondance entre le numéro de figure du dossier et celui des planches des annexes correspondantes (indiqué entre crochets). Ces planches complètes sont tenues à disposition des concepteurs sur simple demande auprès d'HORIZON BOIS.

Figure 1 : Profil et dimensions de la rainure formant la liaison bois-béton.....	6
Figure 2 : Principe de pré dalle bois CLT avec rainures de liaison.....	6
Figure 3 : Armatures spécifiques en chaise pour la liaison bois-béton.....	7
Figure 4 : Principe de subdivision de la section de plancher pour le calcul de la rigidité efficace.....	12
Figure 5 : Dimensions de la liaison pour la détermination de sa résistance.....	13
Figure 6 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur MOB [C01.1]	38
Figure 7 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur cornière et mur CLT [C03.1]	39
Figure 8 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur Poteau type 1 [C06]	41
Figure 9 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur Poteau Type 2 [C07]	42
Figure 10 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur mur CLT [C04.2].....	48
Figure 11 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur voile béton [C08.2].....	49
Figure 12 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur poutre bois (cornière ou linçoir) [C09.2]	49
Figure 13 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur poutre bois [C12.2]	50
Figure 14 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur poutre béton [C14.2]	50
Figure 15 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur poutre métallique [C13.1].....	50
Figure 16 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Toiture terrasse - Appui intermédiaire [D02.1].....	51
Figure 17 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Toiture terrasse - Acrotère et appui sur mur (COB) [D03.1].....	51
Figure 18 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Toiture terrasse - Joint de dilatation [D04.1]	52
Figure 19 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Toiture terrasse - Terrasse accessible isolation inversée [D06.1].	53

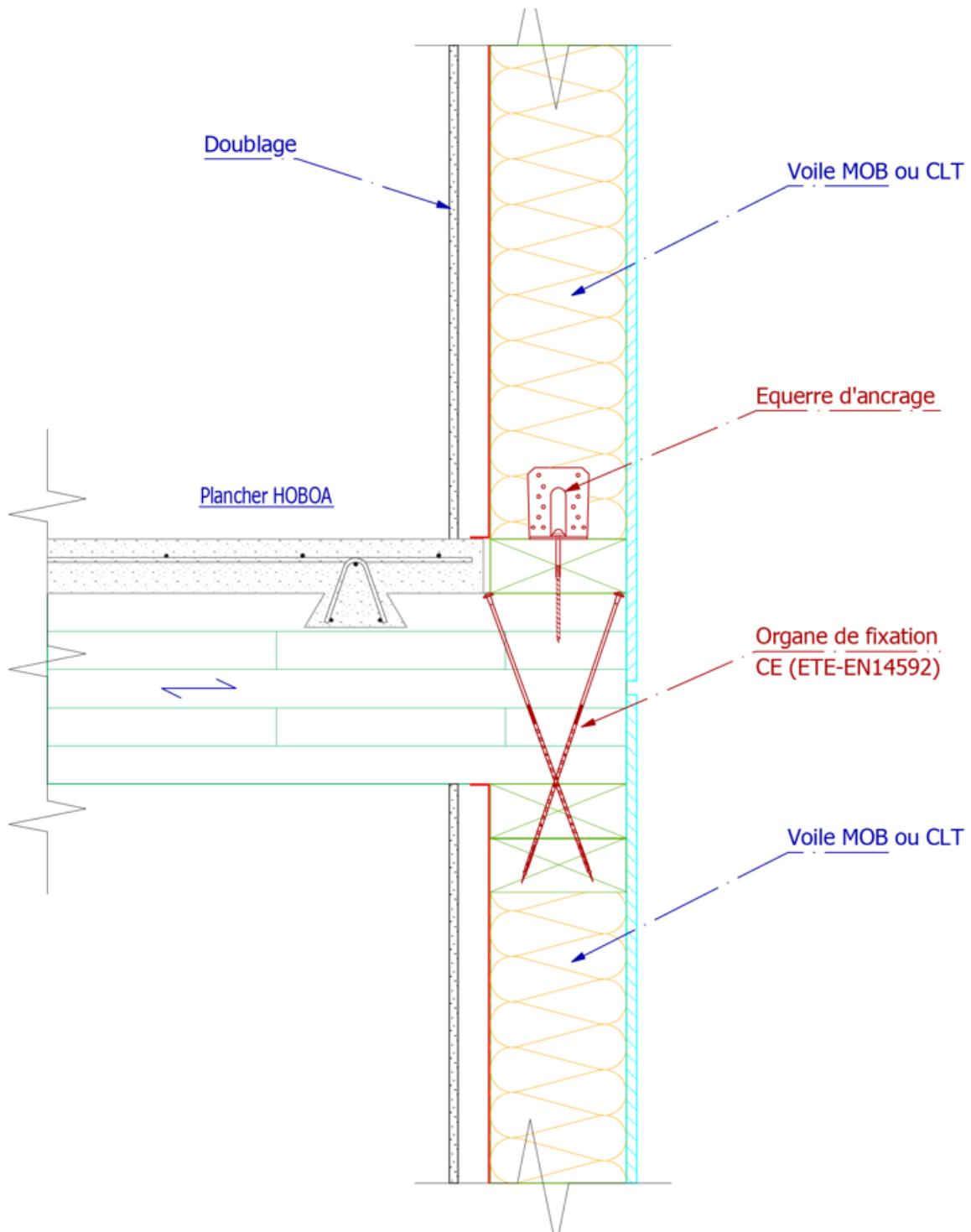


Figure 6 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur MOB ou CLT [C01.1]

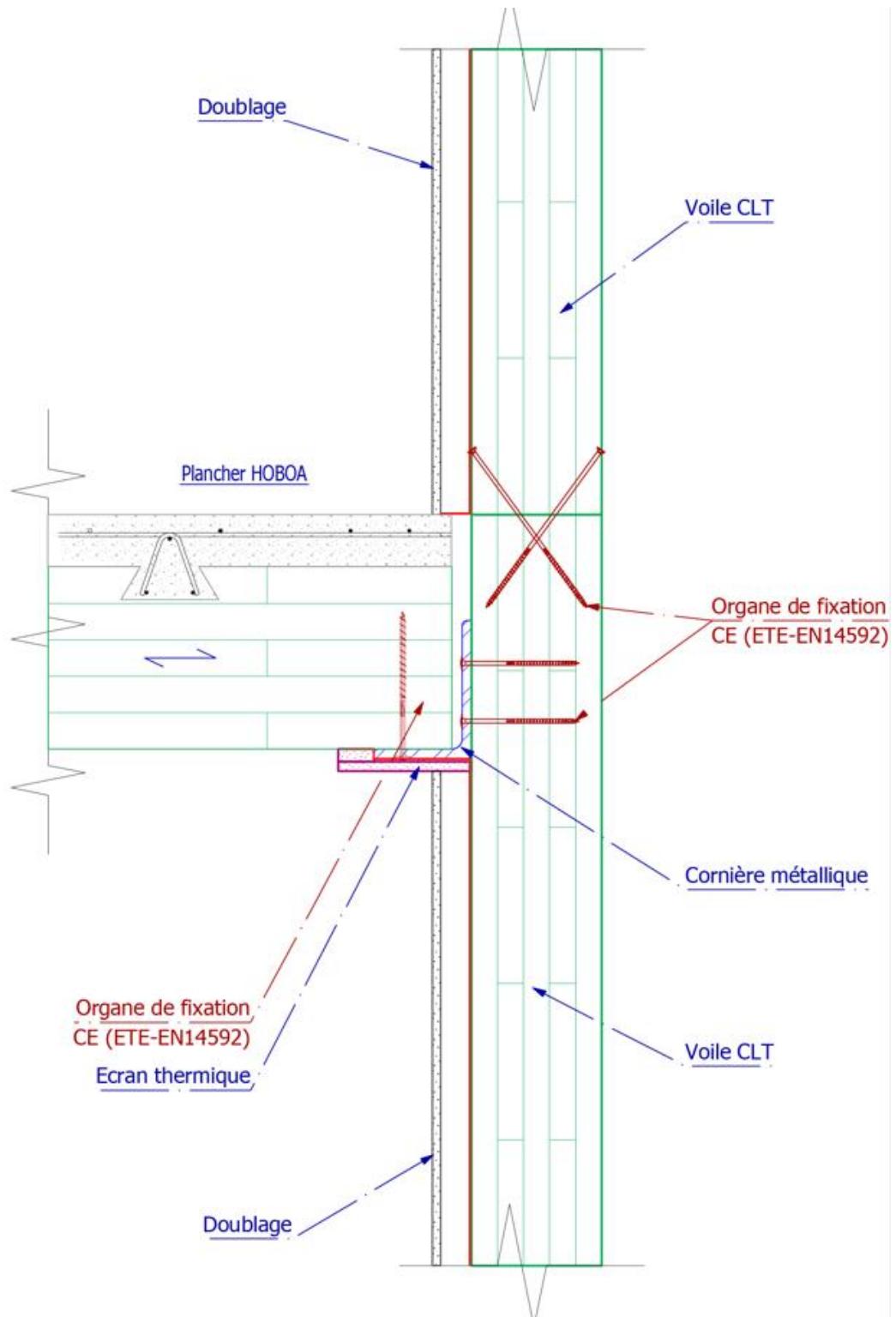


Figure 7 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur cornière et mur CLT [C03.1]

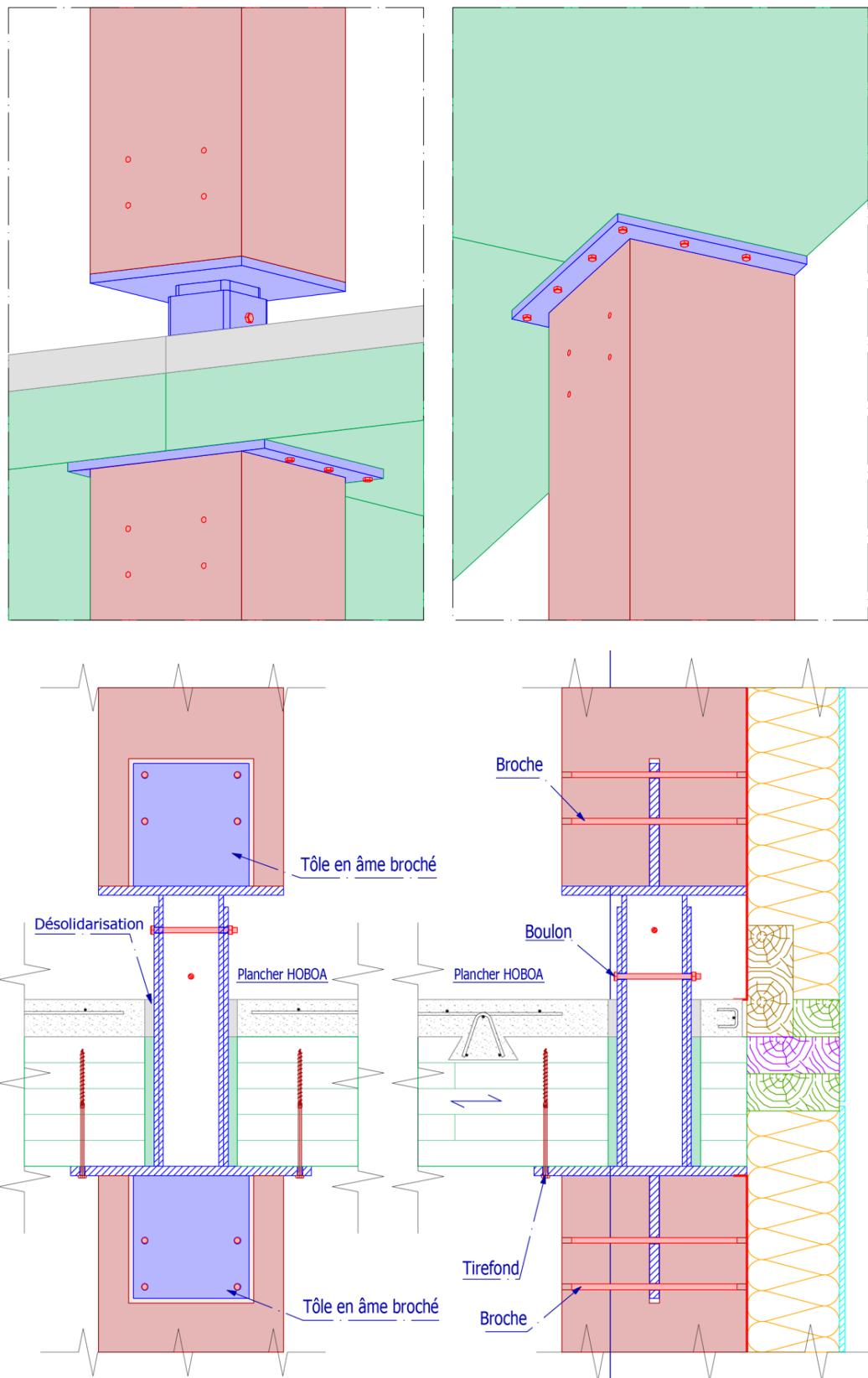


Figure 8 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur Poteau type 1 [C06]

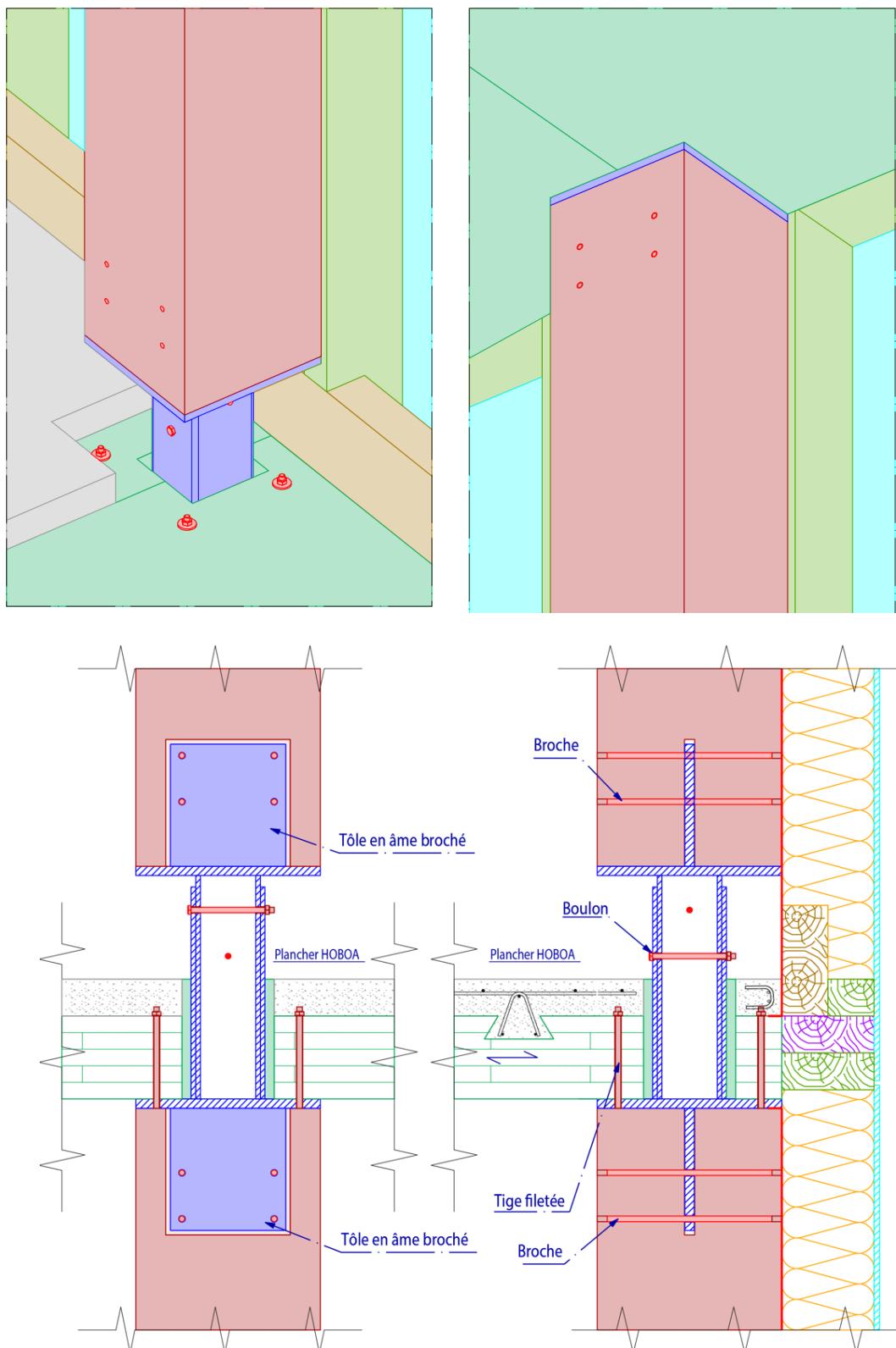


Figure 9 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur Poteau Type 2 [C 07]

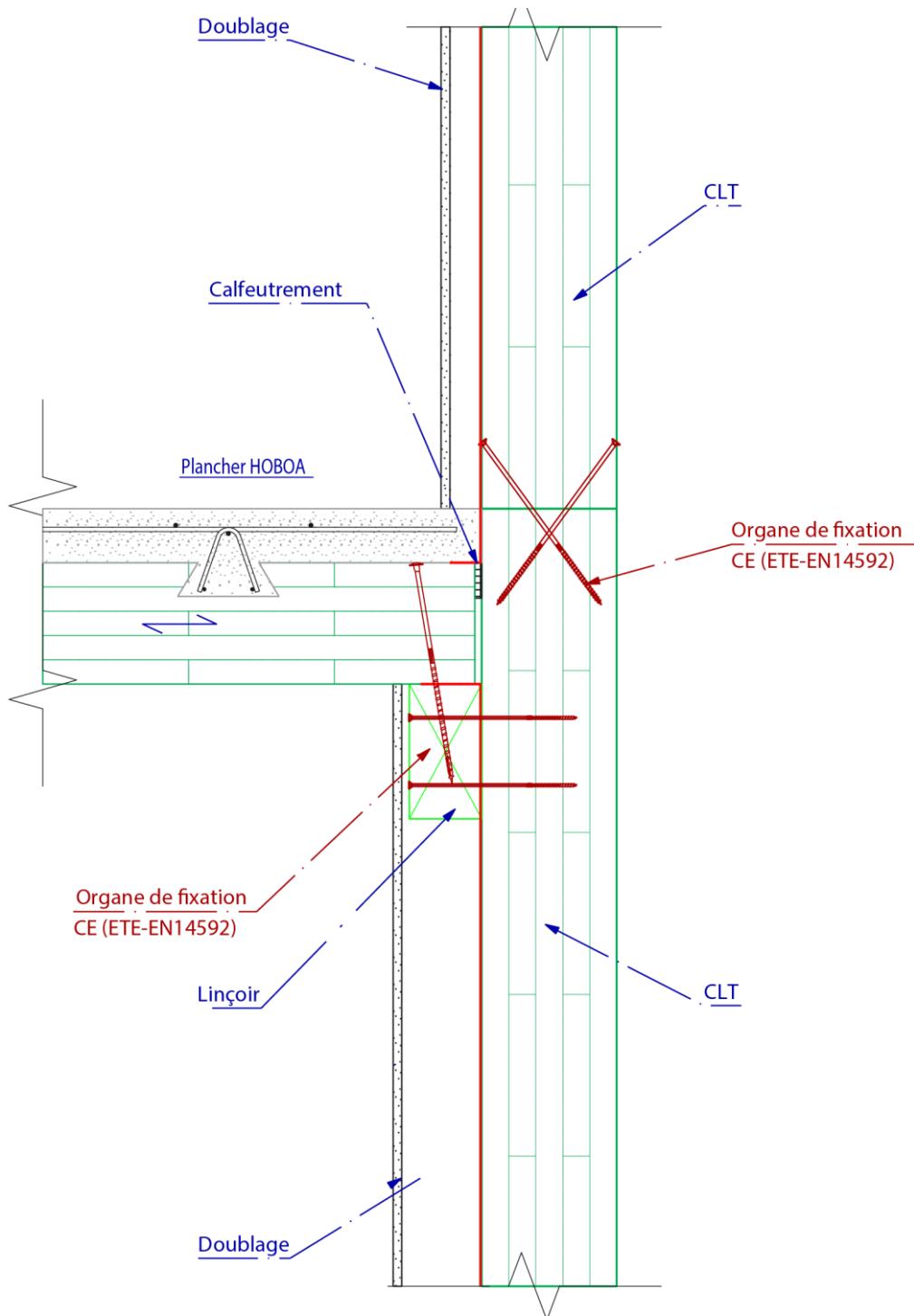


Figure 10 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur mur CLT [C04.2]

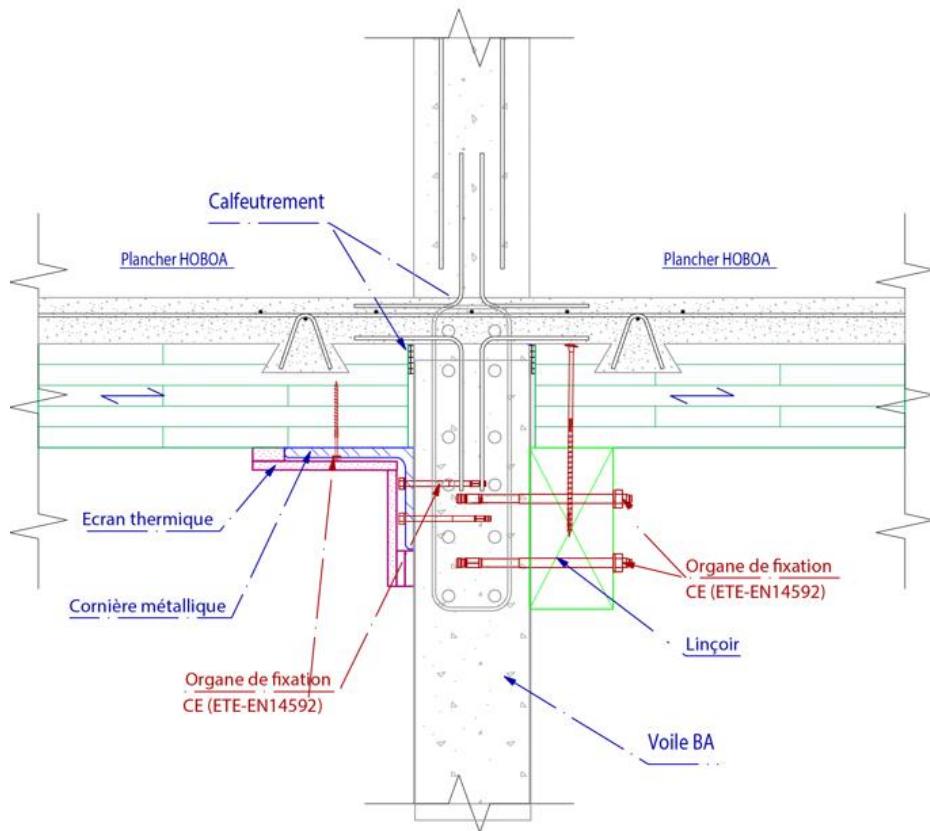
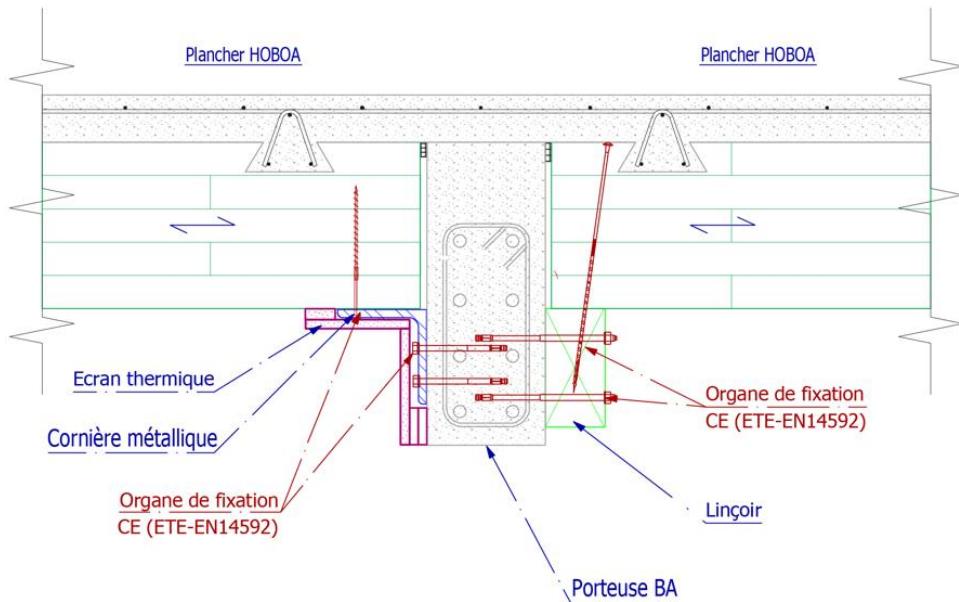


Figure 11 : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur voile béton [C08.2]



Traction transversale à vérifier

Figure 12 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur poutre bois (cornière ou linçoir) [C09.2]

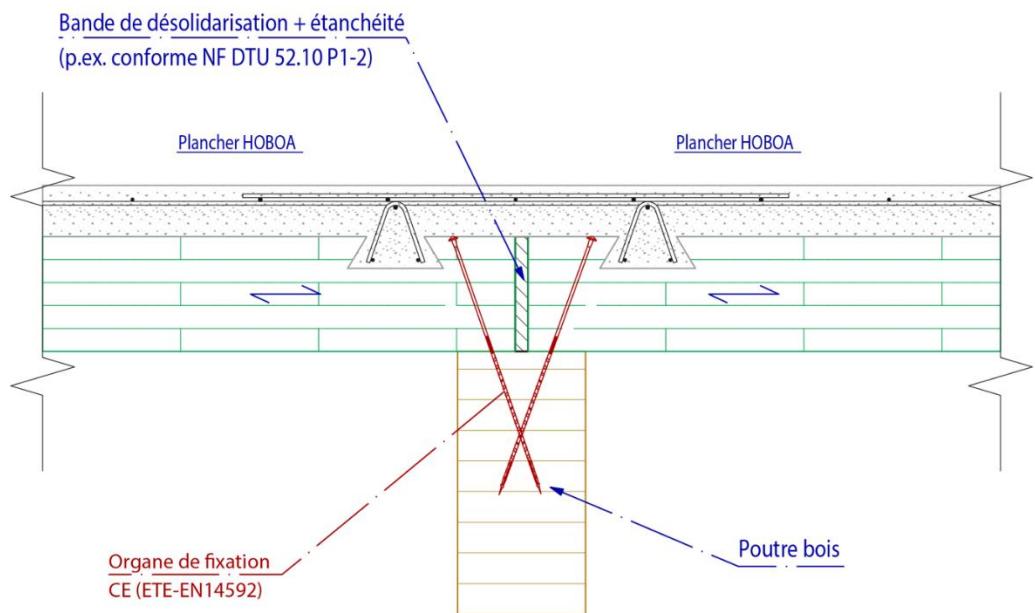


Figure 13 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur poutre bois [C12.2]

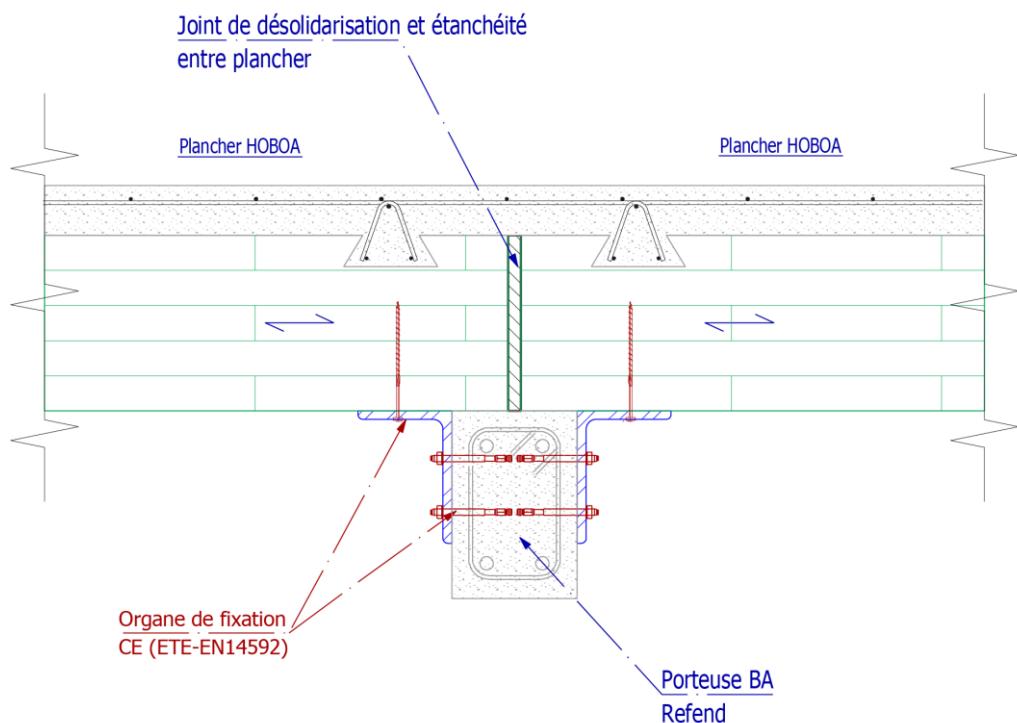


Figure 14 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur poutre béton [C14.2]

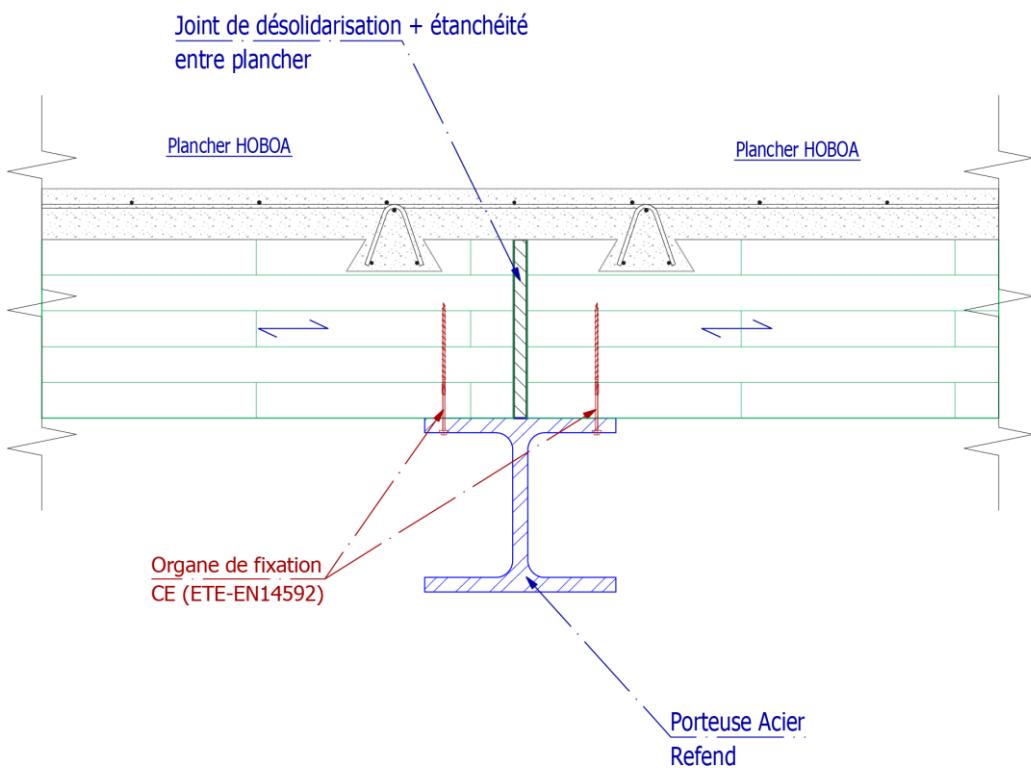


Figure 15 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Plancher - Appui sur poutre métallique [C13.1]

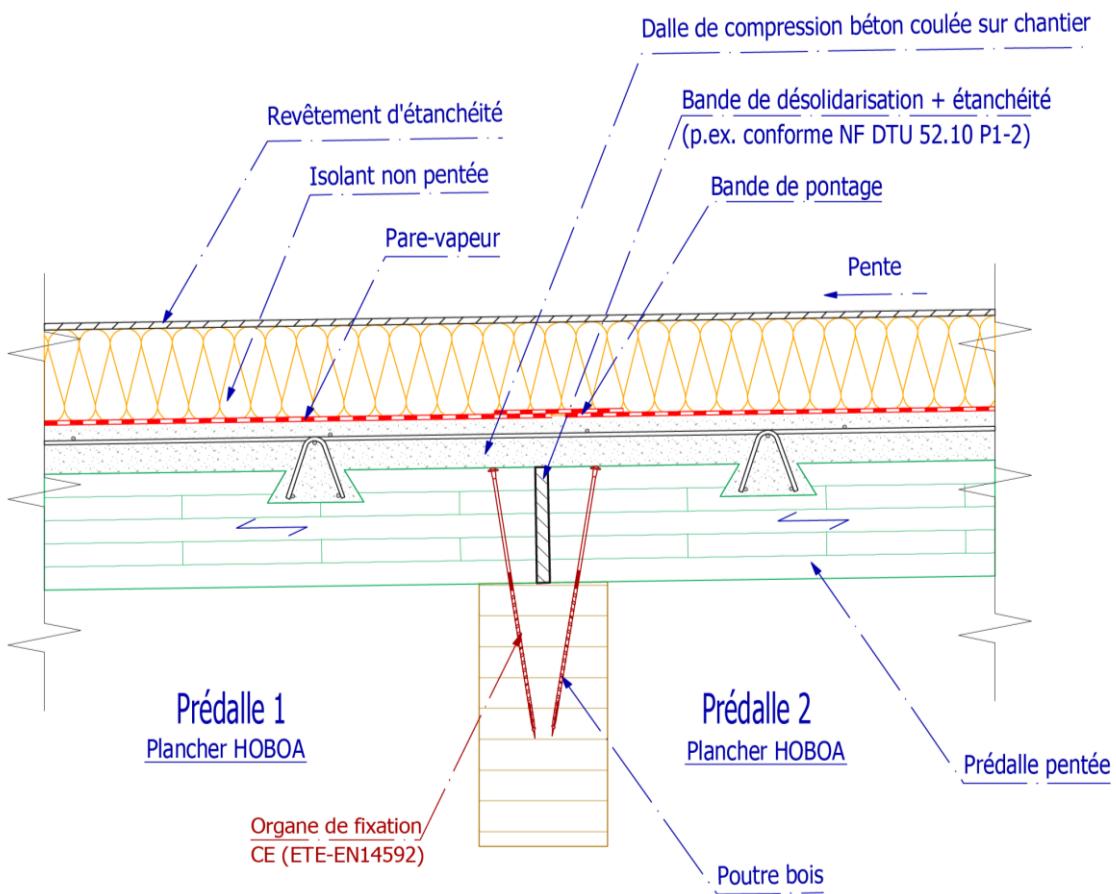


Figure 16 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Toiture terrasse - Appui intermédiaire [D02.1]

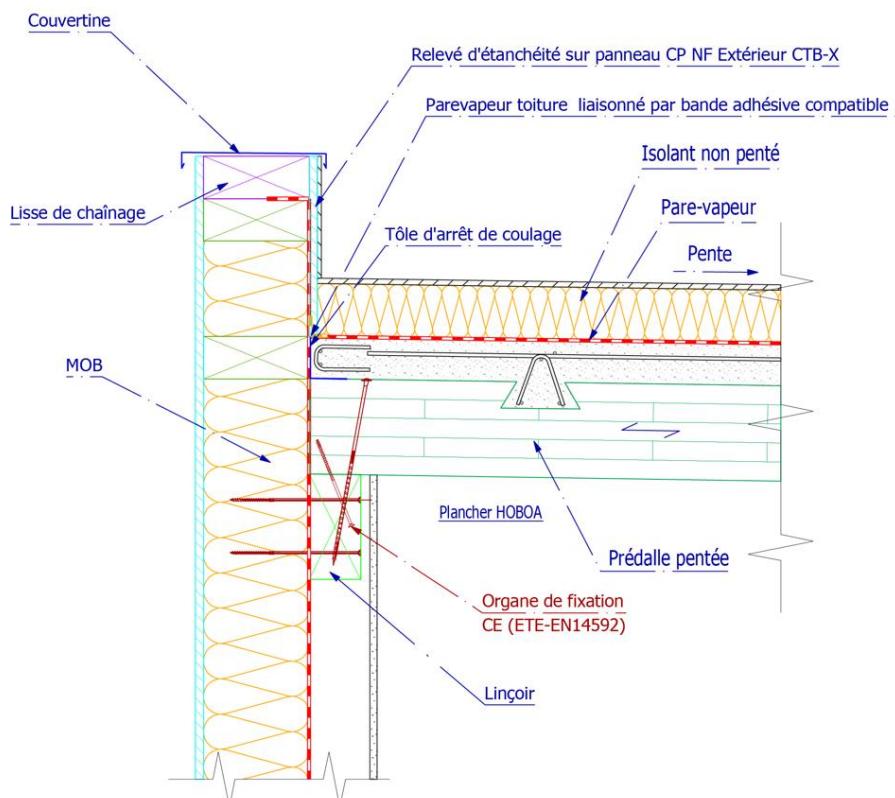


Figure 17 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Toiture terrasse - Acrotère et appui sur mur (COB) [D03.1]

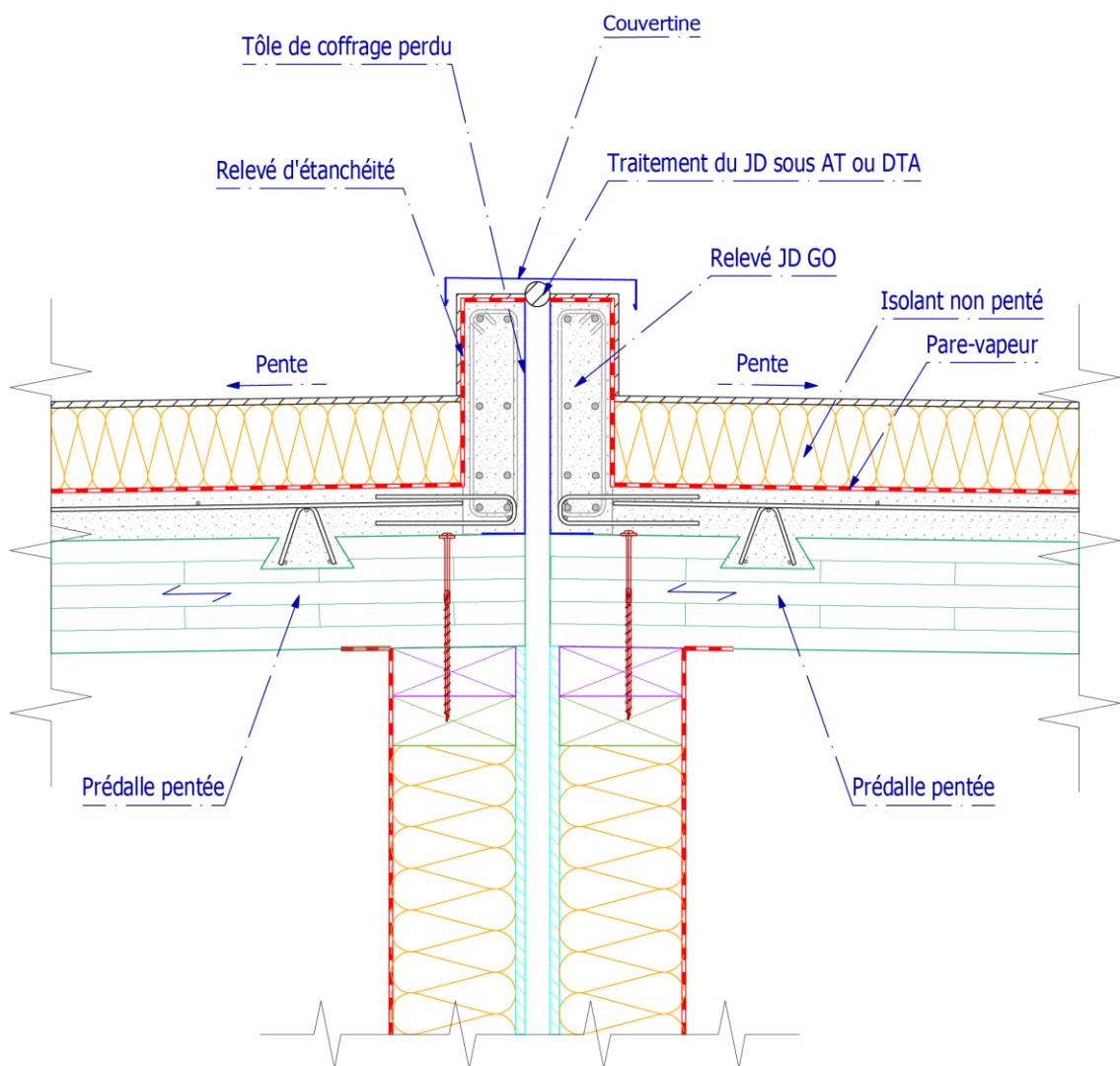
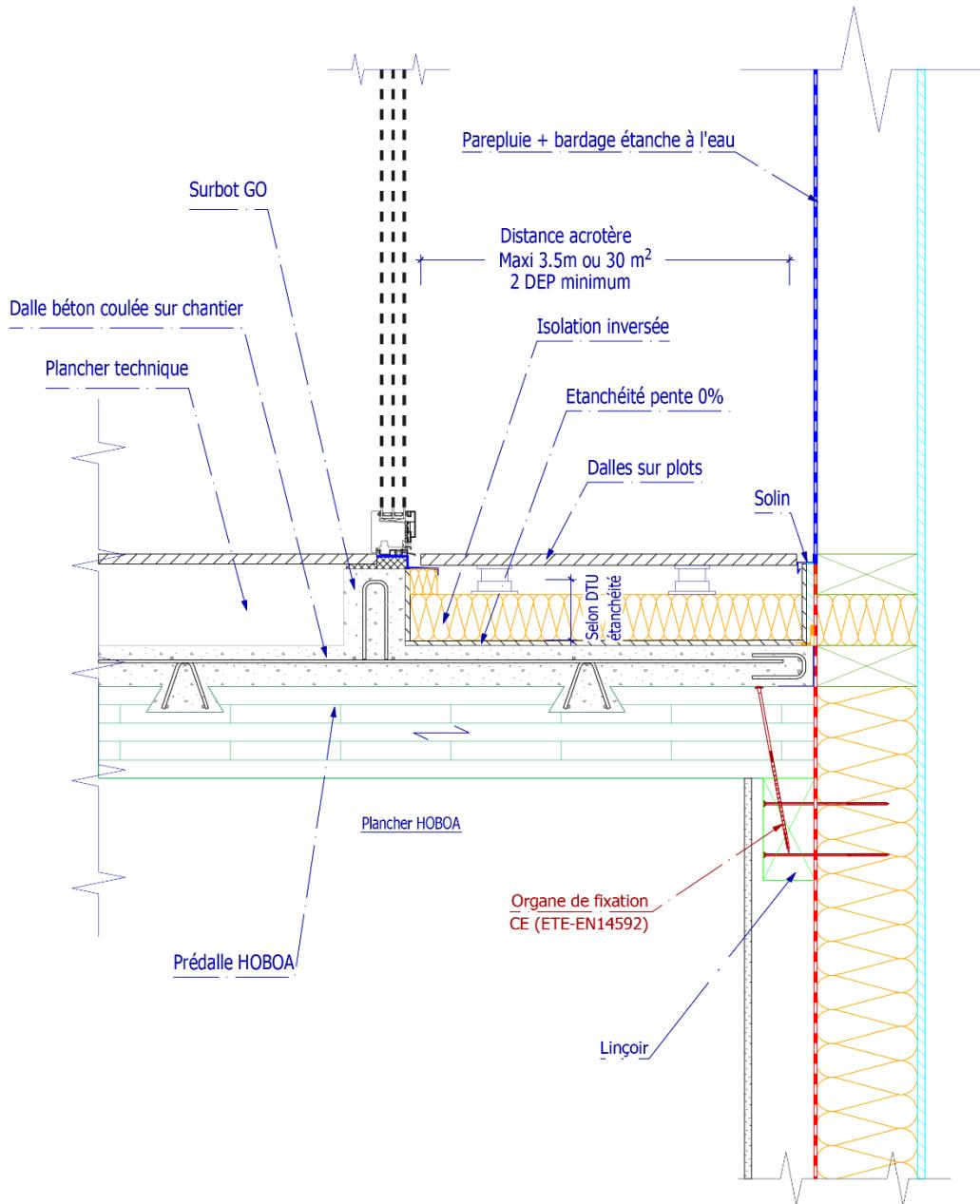


Figure 18 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Toiture terrasse - Joint de dilatation [D04.1]



NB : Version GO coulé en place support d'étanchéité

Figure 19 : HOBOA : Dalle de compression mise en œuvre sur site - Toiture terrasse - Terrasse accessible isolation inversée [D06.1]