

# APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 2856\_V2

(annule et remplace la version 2856\_V1)

*ATEx de cas a*

**Validité du 27/11/2020 au 31/05/2023**



Copyright : Société CRUARD Charpente

---

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 :**

**Société CRUARD Charpente**  
**5 Rue des sports, 53360 SIMPLE**

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé de plancher mixte bois/béton connecté par un traitement de surface des solives bois avant coulage du béton HYBRIDAL.

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 27/11/2020, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- Demandeur : Société CRUARD Charpente
- Technique objet de l'expérimentation :
  - Plancher mixte où la connexion bois-béton est assurée par l'intermédiaire d'un traitement de surface du bois avant coulage du béton. Ce traitement consiste à appliquer une couche de résine époxydique sablée à refus sur la face supérieure des solives qui sera en contact avec le béton.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEX 2856\_V2 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 **31 mai 2023**, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations 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

Le plancher mixte bois/béton HYBRIDAL est composé :

- De solives en bois massif de classe minimum C20 ou D30 respectivement pour les bois massifs résineux et les feuillus conformes à la norme NF EN 14081-1 ou en lamellé-collé de classe minimum GL24h conformes à la norme NF EN 14080 ;
- D'une résine époxy bi-composant BOSTIK Eponal 371 V1 et de sable siliceux de granulométrie comprise entre 0,8 et 1,8 mm pour la connexion bois-béton ;
- D'armatures conformes aux exigences décrites dans la norme NF EN 1992-1 et son annexe C ;
- D'une dalle de compression d'au moins 7 cm. Le béton utilisé est de classe de résistance minimale C40/50 selon la norme NF EN 206/CN. La dimension maximale du granulats est de 16 mm et la classe de consistance du béton peut être S3, S4 ou béton autoplaçant.

Les raideurs et les résistances de la connexion ont été vérifiées par des essais push-out.

Le dimensionnement du système est réalisé conformément à la norme NF EN 1995-1-1 et à son annexe B. Sur la base des notes de calculs fournies et des essais réalisés, il a été vérifié que le plancher mixte était correctement dimensionné vis-à-vis des différents efforts statiques.

Les planchers HYBRIDAL sont conçus et mis en œuvre de manière à fonctionner en flexion sur deux appuis et non pas sur quatre côtés.

##### 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 décrits dans le dossier technique.

##### 1.3 – Sécurité en cas d'incendie

La vérification du plancher en situation d'incendie est menée en ne considérant pas la connexion bois-béton. Dans ce cas, seules les solives bois sont vérifiées pour satisfaire au critère de stabilité au feu « R ». Le calcul est réalisé conformément à la norme NF EN 1995-1-2.

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2

Le degré coupe-feu « EI » est vérifié par application de la norme NF EN 1992-1-2 pour la dalle de béton lorsque celle-ci constitue la totalité de l'isolement au feu. Le degré coupe-feu du plancher est subordonné à sa stabilité au feu pour un degré au moins égal.

### 1.4 – Sécurité en cas de séisme

L'utilisation du procédé dans des ouvrages nécessitant des dispositions parasismiques n'est pas visée dans le cadre de cette Appréciation Technique à l'Expérimentation.

## 2°) Faisabilité

### 2.1 – Production

Le plancher mixte bois/béton HYBRIDAL fait l'objet d'un autocontrôle lors de sa fabrication. Les solives sont usinées par la société CRUARD Charpente et la réalisation de la dalle de compression par la société JOUSSELIN ou, dans le cas d'un réalisation complète dans l'usine de CRUARD Charpente, par la société Low Concrete Technologies.

Le Plan d'Assurance Qualité des usines a été fourni par le demandeur.

Le procédé HYBRIDAL fait également l'objet d'un contrôle externe réalisé par le CSTB dans le cadre d'un suivi d'ATEX.

### 2.2 – Mise en œuvre

La mise en œuvre des planchers mixtes peut être réalisée par la société CRUARD Charpente ou tout autre entreprise de maçonnerie – gros œuvre ou de charpente bois/métallique avec l'assistance de la société CRUARD Charpente.

Un Plan d'Assurance Qualité au chantier a été établi et intègre les éléments techniques spécifique au procédé (réception des planchers, conditions de réception des supports, tolérances, détails des points singuliers).

### 2.3 – Assistance technique

La conception est réalisée exclusivement par le bureau d'étude de l'entreprise CRUARD Charpente.

## 3°) Risques de désordres

Pour le coulage de la dalle de compression, seuls les panneaux de platelage pouvant être utilisés en milieu humide peuvent être employés en fond de coffrage.

## 4°) Recommandations

Il est recommandé de :

- N'utiliser que des solives bois ayant pour résistance au cisaillement des valeurs supérieures à celle du GL24h (cf. NF EN 14080) dans la fabrication des planchers HYBDRIDAL ;
- Limiter l'utilisation des planchers HYBRIDAL au support béton et bois à l'exclusion des supports métal ;
- Ne pas utiliser le procédé dans des ouvrages nécessitant des dispositions parasismiques.

## 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° 2856\_V2

### ANNEXE 1

#### FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : Société CRUARD Charpente - 5 Rue de sports, 53360 SIMPLE

Définition de la technique objet de l'expérimentation :

Le procédé HYBRIDAL est un plancher mixte bois-béton préfabriqué ayant pour dimensions standards 2,40 m de largeur et de 6,00 à 15,00 m de longueur. Ces dalles sont composées des éléments suivants :

- De solives en bois massif conformes à la norme NF EN 14081-1 ou en lamellé-collé conformes à la norme NF EN 14080 (les classes de résistances des solives sont d'au minimum GL24h pour le lamellé collé et C20 ou D30 respectivement pour les bois massifs résineux et les feuillus) ;
- D'une résine époxy bi-composant BOSTIK Eponal 371 V1. Cette résine, n'étant pas utilisée pour le collage structural bois/bois, elle ne relève pas de la norme NF EN 15425 ;
- De sable siliceux de granulométrie comprise entre 0,8 et 1,8 mm pour la connexion bois-béton ;
- D'armatures conformes aux exigences décrites dans la norme NF EN 1992-1 et son annexe C.
- D'une dalle de compression d'au moins 7 cm. Le béton utilisé est de classe de résistance minimale C40/50 selon la norme NF EN 206/CN. La dimension maximale du granulats est de 16 mm et la classe de consistance du béton peut être S3, S4 ou béton autoplaçant.

Des panneaux formant un platelage sont disposés entre les solives et n'ont pas d'autre fonction que de former le fond de coffrage de la dalle en béton. Ce fond de coffrage peut être de natures différentes :

- Des panneaux OSB selon norme NF EN 300 d'octobre 2006 ;
- Des panneaux de contreplaqué selon la norme NF EN 636+A1 de mai 2015 ;
- Des panneaux de particules P5 et P7 selon la norme NF EN 312 de novembre 2010 ;
- Ou tout autre panneau structural couvert par une norme produit.

Tous les types de sols et de plafonds peuvent être associés aux planchers.

Le procédé est destiné aux bâtiments à usage d'habitation ou de bureaux sur le territoire métropolitain entrant dans le champ réglementaire des 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> famille (a et b), bâtiments industriels, Etablissements Recevant du Public (ERP) en réhabilitation (remplacement du plancher existant) ou en construction neuve, soumis exclusivement à des charges statiques ou quasiment statiques (en comprenant par ces dernières les effets dynamiques courants dus au déplacement des personnes et des appareils légers qui ne produisent pas de vibrations) pour des catégories d'usage A, B, C1, C2, C3, D1 et E1 au sens de la norme NF EN 1991-1-1 et pour des charges ponctuelles limitées à 5 kN.

Les planchers HYBRIDAL 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 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

Le domaine d'emploi proposé est limité aux locaux à faible et moyenne hygrométrie avec un  $W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$  selon le cahier du CSTB N°3567, avec :

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

Le procédé ne vise pas l'utilisation en DROM-COM.

Les utilisations en support d'étanchéité et en situation sismique ne sont pas visées par cette demande d'ATEX.

Le procédé peut être utilisé sur des structures en bois ou en béton/maçonneries.

*(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 2856\_V2.*

**ANNEXE 2**

**CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN OEUVRE**

Ce document comporte 19 pages.

***Procédé plancher mixte bois/béton connecté par un traitement de surface des solives bois avant coulage du béton HYBRIDAL***

« Dossier technique établi par le demandeur »

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

Datée du 15 janvier 2021

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEX 2856\_V2.

# Dossier Technique du Procédé HYBRIDAL®

## Procédure d'ATEX cas a

### A. Description

#### 1. Principe du procédé et domaine d'emploi

##### 1.1 Description succincte du plancher et domaine d'emploi revendiqué

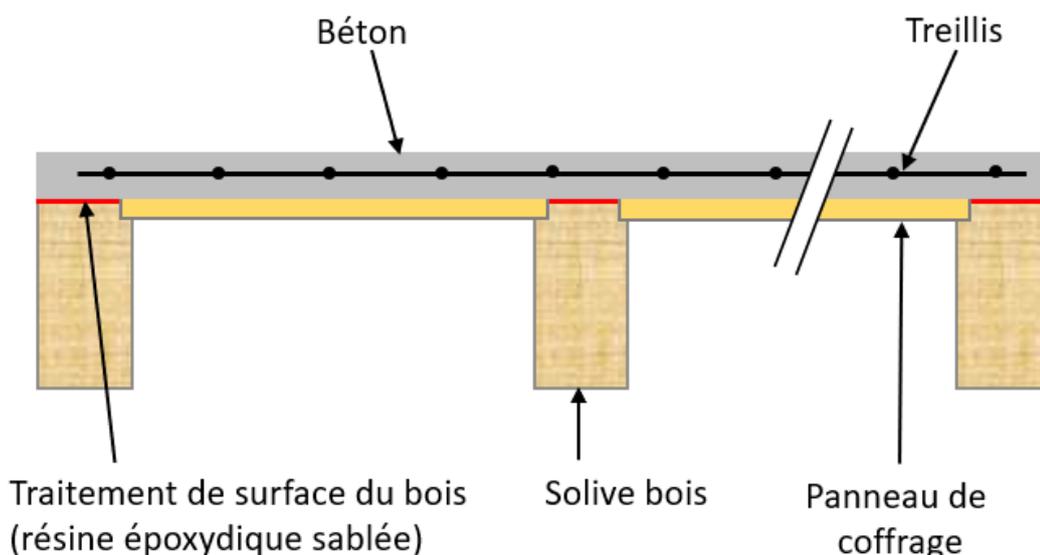
###### Description :

Le procédé HYBRIDAL® est un plancher mixte bois-béton réalisé à partir d'éléments préfabriqués en usine ayant pour dimensions typiquement 2,40m de largeur et de 6,00 à 15,00m de longueur. Ces dimensions peuvent être adaptées selon la configuration du chantier.

Chaque élément est constitué d'un squelette en bois (solives) en partie tendue et d'une dalle de compression en béton armé d'au moins 7 cm en partie supérieure. L'ensemble est liaisonné et forme un caisson.

La liaison bois-béton est assurée par l'intermédiaire d'un traitement de surface du bois avant coulage du béton. Ce traitement consiste à appliquer une couche de résine époxydique sablée à refus sur la face supérieure des solives qui sera en contact avec le béton.

Des panneaux formant un platelage sont disposés entre les solives et n'ont pas d'autre fonction que de former le fond de coffrage de la dalle en béton.



Coupe d'un plancher Hybridal®.

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2

### Domaine d'emploi :

- **Type d'ouvrage :**  
Le procédé HYBRIDAL® est destiné aux bâtiments d'habitation (1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> famille (a et b) au sens de l'arrêté de 1986), de bureaux et les Etablissements Recevant du Public (ERP).  
Les bâtiments industriels ne sont pas visés.
- **Lieux géographiques :**  
Le procédé HYBRIDAL® peut être utilisé en France Métropolitaine ainsi qu'en Corse.  
Le procédé ne vise pas l'utilisation en DROM-COM.
- **Classes de service et classes d'emploi :**  
Le procédé HYBRIDAL® est destiné à la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 (Eurocode 5) et en classes de d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.
- **Catégorie d'usage :**  
Le procédé HYBRIDAL® est destiné à la réalisation de bâtiment de catégories d'usage A, B, C1, C2, C3, D1 et E1 au sens de la norme NF EN 1991-1-1 (Eurocode 1).
- **Utilisation du procédé comme support d'étanchéité :**  
Les utilisations en support d'étanchéité sont exclues du domaine d'emploi dans le cadre de cette demande.
- **Les planchers mixtes HYBRIDAL® ne peuvent être utilisés qu'en isostatique.**

### **1.2 Zones sismiques et catégories d'importance des bâtiments**

Le procédé HYBRIDAL® est utilisable pour les bâtiments de catégorie d'importance I à IV au sens de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

L'utilisation du procédé HYBRIDAL® dans des bâtiments soumis à des exigences sismiques n'est pas visée dans le cadre de cet ATEX.

### **1.3 Nature des charges**

Les charges soumises au plancher seront 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 vibration).

Les charges ponctuelles seront limitées à 5 kN.

### **1.4 Classement hygrométrique des locaux**

Le domaine d'emploi proposé est limité aux locaux à faible et moyenne hygrométrie, c'est-à-dire ceux pour lesquels  $W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$  selon le cahier du CSTB n°3567, avec :

$W$  = quantité de vapeur d'eau produite à l'intérieur du local par heure ;

$n$  = taux horaire de renouvellement d'air.

### **1.5 Interaction revendiquée avec d'autres types de support**

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

### 1.6 Construction neuve/réhabilitation

Le procédé HYBRIDAL® peut être utilisé en construction neuve ou en réhabilitation (création d'un plancher ou remplacement complet d'un plancher existant).

### 1.7 Utilisation dans les DROM-COM

Le procédé HYBRIDAL® ne vise pas l'utilisation en DROM-COM

### 1.8 Finitions et revêtement

Revêtements de sol : la dalle de compression en béton peut recevoir tous types de revêtements de sol associables à ce type de support.

Plafond : le plancher peut être complété ou non d'un faux-plafond, en fonction des exigences esthétique, acoustique ou coupe-feu. Ces plafonds peuvent être fixés soit entre les solives, soit en-dessous et être réalisé à base de plaques ou de tous autres matériaux et systèmes existants dans le commerce.

## 2. Caractérisation des matériaux constitutifs

### 2.1 Solives en bois

- Nature du bois

Les solives utilisées dans le système de plancher mixte peuvent être de type :

- Bois lamellé collé conforme à la norme NF EN 14080 (Août 2013).
- Bois massif résineux conforme à la norme NF EN 14081-1 (Avril 2016).

- Géométrie des poutres

La géométrie des poutres sera rectangulaire. Les sections seront définies suivant les calculs et suivront les standards dimensionnels des fabricants.

- Classe de résistance

La classe de résistance minimale du bois lamellé collé sera GL24 et celle des bois résineux C18.

- Résistance au cisaillement

La résistance caractéristique au cisaillement des bois utilisés dans la fabrication des caissons devra être au minimum égale à celle du GL24h.

La valeur de résistance au cisaillement caractéristique prise en compte dans le calcul sera égale à celle du GL24h.

- Conformité aux exigences de la norme produit, marquage CE

Les bois lamellés collés devront bénéficier d'un système d'Attestation de Conformité de niveau 1, selon les exigences de la norme européenne harmonisée NF EN 14080. Ils devront être marqués CE

### 2.2 Colle utilisée pour la connexion bois-béton

- Nature de l'adhésif : résine époxydique bi-composant sans solvant.

- Appellation commerciale / industrielle : BOSTIK® Eponal 371 V1.

- Température de transition vitreuse : 56°C (cf Rapport d'Essais Bostik).

A noter que le joint de colle n'est pas directement exposé à l'air ambiant. Il est en effet protégé des variations de température de l'air ambiant par la dalle béton de 7cm au-dessus, par la solive bois au-dessous et par les panneaux de fond de coffrage en feuillure sur ses côtés.

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2

De plus, les planchers HYBRIDAL® sont employés exclusivement à l'intérieur des bâtiments, dans des environnements à température modérée (classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1).

Ceci nous amenant à proposer une limite de température d'utilisation des planchers à Tg-10°C, soit 46°C.

### 2.3 Sable utilisé pour la connexion bois-béton

- Sable siliceux de granulométrie comprise entre 0,8 et 1,8mm.

### 2.4 Béton utilisé pour la dalle de compression

- Béton conforme à la norme NF EN 206/CN.
- Classe de résistance à la compression minimale C40/50.
- Granulométrie : Dmax ≤ 16mm.
- Classe de consistance : S3, S4 ou béton autoplaçant.
- Classe d'exposition minimale : XC1.

### 2.5 Armature de la dalle de compression

La dalle de compression est armée à minima avec un treillis soudé type PAF C.

### 2.6 Panneaux de coffrage

Les panneaux utilisés pour le coffrage peuvent être :

- des panneaux OSB selon norme NF EN 300 d'octobre 2006 ;
- des panneaux de contreplaqué selon la norme NF EN 636+A1 de mai 2015 ;
- des panneaux de particules P5 et P7 selon la norme NF EN 312 de novembre 2010 ;
- ou tout autre panneau structural couvert par une norme produit dans le cadre d'une application en classe de service 1 à 2.

Seuls les panneaux de platelage pouvant être utilisés en milieu humide sont utilisables en fond de coffrage.

De manière générale, seuls les panneaux de classe d'emploi 2 minimum pourront être employés pour application en classe de service 1 à 2.

## 3. Fabrication et contrôle des produits

### 3.1 Description du processus de fabrication des produits

- 3.1.1 Variante de préfabrication n°1 : réalisation des caissons bois à l'Usine CRUARD Charpente et Construction Bois et bétonnage à l'Usine JOUSSELIN

Etapes de préfabrication 1/2 : réalisation des caissons bois à l'Usine CRUARD Charpente et Construction Bois de Simplé (53) :

Etape 1 : débit / usinage des solives bois : mise à longueur les solives et création de feuillures en partie haute sur toute la longueur de la pièce. Ces feuillures seront destinées à recevoir les panneaux de fond de coffrage.

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2

Etape 2 : sablage des solives bois : le sablage consiste à déposer d'un film de résine époxydique sur la totalité de la face supérieure de la solive, puis d'y appliquer par gravité du sable à refus.

Etape 3 : séchage de la colle et brossage des solives : une fois que la résine époxydique est complètement polymérisée, l'excédent de sable est éliminé sur l'ensemble de la solive bois par brossage.

Etape 4 : assemblage du squelette des caissons : les solives bois sont ensuite assemblées pour former le squelette du caisson.

Etape 5 : coffrage : cette opération consiste à fixer des panneaux bois sur le squelette du caisson. Ces panneaux apportent la rigidité nécessaire aux caissons pour les opérations de manutention. Ils serviront également dans un second temps de fond de coffrage pour le coulage du béton.

Etape 6 : les caissons bois sont ensuite mis en colis puis transportés vers l'usine JOUSSELIN Préfabrication.

Etapes de préfabrication 2/2 : bétonnage à l'Usine JOUSSELIN Préfabrication de Chazé-Henry (49) :

Après réception, les caissons bois sont alors préparés dans l'atelier JOUSSELIN Préfabrication pour le bétonnage de la façon suivante.

Etape 7 : mise en place des coffrages latéraux.

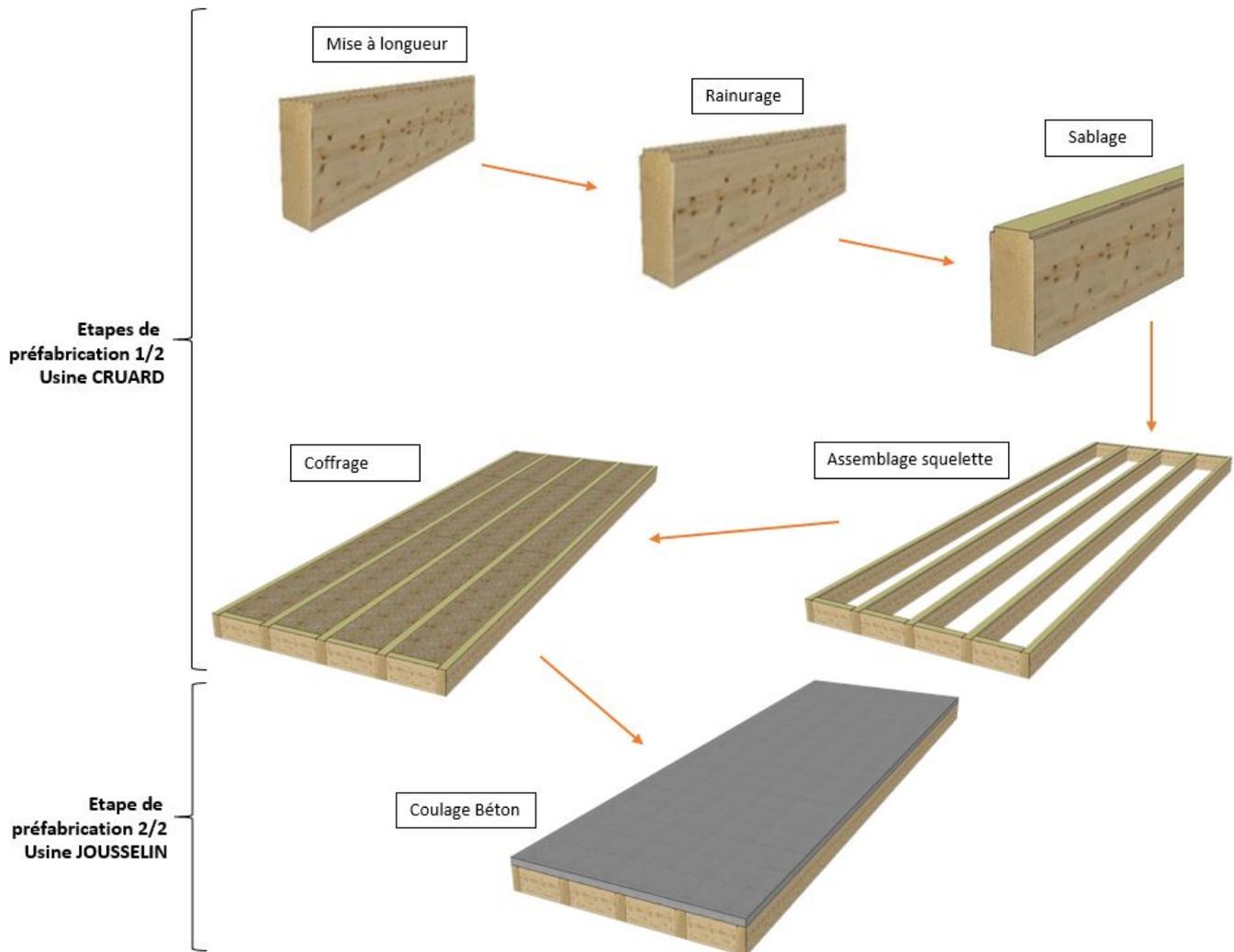
Etape 8 : mise en place des armatures de renfort de la dalle de compression.

Etape 9 : fabrication du béton par la centrale à béton de l'usine et coulage de la dalle béton.

Etape 10 : décoffrage après séchage de la dalle béton.

Etape 11 : les caissons sont ensuite mis en colis, stockés puis transportés sur le chantier.

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2



*Les différentes phases de fabrication des caissons HYBRIDAL® (variante de préfabrication n°1).*

### 3.1.2 Variante de préfabrication n°2 : réalisation complète des caissons à l'Usine CRUARD Charpente et Construction Bois

Pour cette variante, toutes les étapes de préfabrication sont réalisées à l'Usine CRUARD Charpente et Construction Bois de Simplé (53).

Le processus de fabrication est identique à la variante n°1, hormis l'étape 6 qui est supprimée.

Production, mise en œuvre et contrôle du béton dans le cas de la variante de préfabrication n°2 :

Le béton sera un BPS produit par une centrale à béton située à proximité de l'usine.

La centrale à béton sera agréée par la Société LOW CONCRETE TECHNOLOGIES.

La formule de béton sera validée par la Société LOW CONCRETE TECHNOLOGIES.

La Société LOW CONCRETE TECHNOLOGIES assurera la formation du personnel de l'usine CRUARD au contrôle et à la mise en œuvre du béton.

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2

Les résultats des contrôles réalisés sur les bétons seront collectés par la Société LOW CONCRETE TECHNOLOGIES.

### 3.2 Description du système de contrôle de production et du suivi éventuel par tierce partie

Un plan de contrôle a été mis en place à chaque étape de la production des planchers (voir les PAQ Usine).

Une procédure de contrôle de la qualité du collage bois-béton a été développée sur la base d'essai de cisaillement type push-out statique sur éprouvettes selon les normes NF EN 408 et l'Annexe B de l'EN 1994-1-1 adaptées et la norme NF EN 26891. Celle-ci est détaillée dans les PAQ Usine.

Ces essais push-out ainsi que les essais de résistance à la compression sur éprouvettes de béton sont confiés à un laboratoire extérieur.

Les caissons ne doivent pas être livrés avant l'obtention des résultats d'essais internes.

Le contrôle de production fait l'objet d'un suivi par un organisme compétent tiers.

La durée d'archivage des registres de contrôle est de 10 ans.

## 4. Dispositions constructives des planchers

### 4.1 Description des planchers : gamme d'épaisseurs, de portées.

La portée varie entre 6m et 15m selon le besoin.

L'épaisseur du plancher varie en fonction des charges d'exploitation définies selon le tableau ci-dessous (à titre indicatif : variable selon critères projet) :

	Portées	6,0 m	6,5 m	7,0 m	7,5 m	8,0 m	8,5 m	9,0 m	9,5 m	10,0 m	10,5 m	11,0 m	11,5 m	12,0 m	12,5 m	13,0 m	13,5 m	14,0 m	14,5 m	15,0 m
Habitation	150 kg/m <sup>2</sup>	21 cm	27 cm	27 cm	27 cm	27 cm	31 cm	31 cm	35 cm	35 cm	39 cm	39 cm	43 cm	43 cm	43 cm	47 cm	47 cm	51 cm	51 cm	55 cm
Bureaux	250 kg/m <sup>2</sup>	27 cm	27 cm	27 cm	31 cm	31 cm	35 cm	35 cm	39 cm	39 cm	39 cm	43 cm	43 cm	47 cm	47 cm	51 cm	51 cm	55 cm	55 cm	59 cm
Tertiaire	500 kg/m <sup>2</sup>	27 cm	31 cm	31 cm	35 cm	35 cm	39 cm	39 cm	43 cm	47 cm	47 cm	51 cm	51 cm	55 cm	55 cm	59 cm	59 cm	63 cm	67 cm	67 cm
	750 kg/m <sup>2</sup>	31 cm	31 cm	35 cm	39 cm	39 cm	43 cm	43 cm	47 cm	51 cm	51 cm	55 cm	59 cm	59 cm	63 cm	63 cm	67 cm	71 cm	71 cm	75 cm

### 4.2 Description des modalités d'ouvertures dans les planchers

#### • Trémies et chevêtres :

Lorsque des réservations traversent la dalle, il faut vérifier si cela réduit la largeur de la table de compression mobilisée dans le calcul, et la réduire si nécessaire. De plus, on ajoutera des armatures de renforts en rive de ces réservations, en application des règles usuelles de la norme NF EN 1992-1-1 (voir les schémas 10.02 et 10.03 dans le carnet de détails de mise en œuvre en annexe).

Dans certains cas, il peut être nécessaire de créer des chevêtres recoupant plusieurs solives et repris par des solives d'enchevêtrement, dont la section devra être dimensionnée pour être capable de supporter la charge ponctuelle amenée par le chevêtre (voir le schéma 10.01 dans le carnet de détails de mise en œuvre en annexe). Les liaisons chevêtres/enchevêtrements s'effectuent de manière habituelle, conformément aux règles données dans la norme NF EN 1995.

#### • Réservations horizontales :

Il est préférable d'éviter les trous dans les solives. Si le trou est inévitable, il convient de le renforcer et de respecter les règles énoncées dans la norme DIN EN 1995-1-1/NA pour la conception du trou, en l'absence de norme française à ce sujet.

Le trou sera systématiquement conçu avec renfort. Seule l'inertie de la poutre bois sera considérée dans le calcul (la dalle béton est considérée portée par la poutre, cas le plus pénalisant).

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2

### 4.3 Description du collage entre bois et béton

Une couche de résine époxydique (BOSTIK® Eponal 371 V1) est appliquée sur les solives bois au niveau de l'interface avec le béton. La résine est sablée à refus avant séchage afin de créer une surface d'adhérence. Le béton est coulé directement sur la surface sablée après polymérisation de la résine.

### 4.4 Description des jonctions entre planchers et supports

Plusieurs types de jonctions sont possibles, en dépend de la conception souhaitée.

- Support type mur :
  - o Pose sur mur ossature bois.
  - o Pose contre/sur mur CLT.
  - o Pose contre/sur voile béton armé.
  - o Pose contre/sur mur maçonné.
  - o Pose sur prémur béton armé.
  
- Support type structure poteau/poutre :
  - o Pose contre/sur poutre bois.
  - o Pose sur poutre béton armé.

Les assemblages plancher/support sont présentés dans le carnet de détails de mise en œuvre en annexe.

### 4.5 Description des interfaces avec les éléments de second œuvre

La sous-face des planchers HYBRIDAL® est à considérer comme un plancher traditionnel avec des solives à espacement constant permettant la mise en œuvre de nombreux types de plafonds.

Dans le cas de cloisons de distribution, ces dernières devront être considérées dans les charges permanentes à prendre en compte dans le calcul des planchers.

### 4.6 Description des incorporations de gaines et fourreaux

Ils sont disposés à l'intérieur des caissons.

### 4.7 Description des dispositions constructives particulières dans le cas des planchers bas et planchers hauts (support d'étanchéité).

Les utilisations en planchers hauts (support d'étanchéité) sont exclues du domaine d'emploi dans le cadre de cette demande.

En cas de plancher bas, une sous-face spécifique (type placo, fibro, cpp backérisé, etc...) permettant d'assurer une barrière suffisante contre le risque de remontée d'humidité dans les planchers sera mise en place.

### 4.8 Description du plancher permettant d'assurer un bon comportement hygrothermique de la paroi

Les précautions permettant d'éviter la reprise d'eau par le bois sont les suivantes :

- En phase provisoire :

En cas de stockage provisoire avant pose, des précautions doivent être prises pour conserver les caissons sur chantier dans de bonnes conditions. Il convient à cet effet de les protéger des intempéries par une bâche étanche ou de les mettre sous abri, et de ne pas les poser à même le sol (mise en place de cales).

Une fois le plancher posé, en cas de risque d'exposition du plancher aux intempéries, des jupes pare-pluie provisoires sont mises en place sur les flancs des caissons pour permettre l'évacuation de l'eau entre caissons. Ces jupes pare-pluie sont scotchées sur le béton à l'aide de ruban adhésif étanche. Une fois le

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2

plancher hors d'eau, elles sont recoupées. L'humidité des solives de rives est alors contrôlée à l'humidimètre à pointe. L'humidité doit être inférieure à 15% pour que le joint puisse être fermé.

- En phase définitive :

Le procédé HYBRIDAL® est destiné à la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 (Eurocode 5). De plus, le procédé HYBRIDAL® sera utilisé exclusivement à l'intérieur des bâtiments et son domaine d'emploi est limité aux locaux à faible et moyenne hygrométrie.

### 4.9 Description des modalités de réalisation des appuis de continuité

Les caissons seront fixés entre eux à l'aide de connecteurs métalliques et support par contact direct des solives de rive des planchers ou par contact tasseaux/tasseaux délardés.

Voir les schémas dans le carnet de détails de mise en œuvre en annexe :

- Jonction rives entre planchers – Nue.
- Jonction rives entre planchers – Nue avec débord béton.
- Jonction rives entre planchers – Clefs de réglage.

### 4.10 Description des acrotères pour les cas particuliers des toitures terrasses

Les utilisations en planchers hauts (support d'étanchéité) sont exclues du domaine d'emploi dans le cadre de cette demande.

### 4.11 Principes de conception permettant d'atteindre les performances vis-à-vis des réglementations suivantes :

- **Sécurité incendie**

En situation d'incendie la dalle béton est considérée décollée de la solive porteuse. On ne tient pas compte de la mixité des matériaux pour le calcul dit « à chaud ». Le calcul se fait donc de manière traditionnelle conformément à l'EC5 partie 1.2 avec la méthode de la section réduite suivant les vitesses de combustion associées.

- **Nouvelle réglementation acoustique**

Voir en annexe l'étude acoustique réalisée par DB ACOUSTIC (réf. rapport BAT 026/19 FJ/PL).

- **Règlementation thermique**

Ce plancher par sa constitution ne peut être considéré comme isolant. Il peut nécessiter des compléments d'isolation en fonction des exigences et de son emplacement dans le bâtiment.

### 4.12 Systèmes de fixation

#### Fixations utilisables pour les assemblages entre éléments de planchers (couturage) :

- Vis de fixation ROTHOBLAAS® HBS sous Agrément Technique Européen (ETA-11/0030), conformes à la norme NF EN 14 592 (août 2012) \*.
- Vis de fixation SFS® WT-T sous Agrément Technique Européen (ETA-12/0063) \*.

(\* : ou équivalent)

Les fixations sont dimensionnées en fonction du projet selon la norme NF EN 1995-1.

Justification des performances mécaniques des vis de fixation : voir exemple de note de calcul de dimensionnement en diaphragme du plancher en annexe.

#### Fixations utilisables pour les assemblages planchers/murs :

- Goujon d'ancrage HSA – HILTI® sous Agrément Technique Européen (ETA-11/0374) \*.
- Goujon d'ancrage HST3 – HILTI® sous Evaluation Technique Européenne (ETE-98/0001) \*.

Le présent document comporte 21 pages dont une annexe ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2

- Goujon d'ancrage HSL-3 – HILTI® sous Evaluation Technique Européenne (ETE-02/0042) \*.
- Vis de fixation SFS® WT-T sous Agrément Technique Européen (ETA-12/0063) \*.
- Vis de fixation ROTHOBLAAS® HBS sous Agrément Technique Européen (ETA-11/0030), conformes à la norme NF EN 14 592 (août 2012) \*.
- Vis ASSY 3.0 Kombi WURTH® sous Agrément Technique Européen (ETA-11/0190) \*.
- Cornière métallique.
- Tasseau de bois.
- Ferrure mécano soudée.
- Connecteur type tige métallique.
- Boulon.
- Placage métallique.

(\* : ou équivalent)

Les fixations sont dimensionnées en fonction du projet selon la norme NF EN 1995-1.

### Fixations utilisables pour les plafonds :

Les plafonds peuvent être fixés :

- sur des suspentes courantes vissées sur les côtés des solives ;
- ou directement sur la sous face des solives à l'aide de vis (celles-ci doivent être conformes à l'EC5).

## 5. Mise en œuvre

Voir le PAQ Chantier

## 6. Assistance technique pour la mise en œuvre

La mise en œuvre est effectuée par la société CRUARD Charpente et Construction Bois. Elle peut également être réalisée par toute entreprise de maçonnerie – gros œuvre ou de charpente bois/métallique, auquel cas ces entreprises bénéficient d'une assistance technique assurée par CRUARD Charpente et Construction Bois.

L'assistance technique consiste en une formation initiale préalable au premier chantier, un accompagnement technique au démarrage du premier chantier (présence d'un conseiller technique) et également par la suite si l'entreprise en fait la demande, ainsi que la mise à disposition des fiches d'autocontrôle destinées à garantir le suivi conforme des tâches nécessaires pour une mise en œuvre correcte.

## 7. Résultats expérimentaux

Le projet FUI HYBRIDAL® a permis l'élaboration de nombreux travaux expérimentaux. Les rapports d'essais suivants permettent d'assurer les preuves de concept :

- Rapport d'essais LMC2 : « Essais sur poutres hybrides : Estimation des quantités de résine Eponal 371 V1 et de sable à la mise en œuvre sur poutre » ; version n°1 d'avril 2019.
- Rapport d'essais LMC2 : « Essais sur planchers hybrides : Influence de la fatigue sur le comportement mécanique » ; version 1.
- Rapport d'essais LMC2 : « Essais sur poutre bois-BO : Influence de la fatigue sur le comportement mécanique » ; version n°1.
- Rapport d'essais LMC2 : « Essais sur bois-béton : Planchers - Caractérisation mécanique statique » ; version n°1 de juin 2019.
- Rapport d'essais LMC2 : « Essais sur poutres hybrides : Influence du type de sable sur le comportement mécanique global des poutres hybrides bois-béton du projet HYBRIDAL » ; version n°1 de mars 2019.
- Rapport d'essais LMC2 : « Essais sur bois-béton : Poutres - Caractérisation mécanique statique » ; version 2 de février 2020.
- Rapport d'essais LMC2 « Essais sur bois-béton : Push-out - Caractérisation mécanique de l'adhérence » ; version 1 de juin 2019.
- Rapport d'essais LMC2 : « Courbes granulométriques des sables pré-étudiés pour l'application sur poutres bois » ; version n°1 de mai 2019.
- Etude acoustique réalisée par DB ACOUSTIC : rapport référence BAT 026/19 FJ/PL.
- Rapport d'essais LMC2 « Essais sur bois-béton : Planchers – Caractérisation mécanique statique » ; version 1 de septembre 2020.
- Rapport d'essais LMC2 « Essais sur bois-béton : Push-out – Caractérisation mécanique de l'adhérence » ; version 1 de septembre 2020.
- Rapport de laboratoire Bois HD « Test de durabilité sur plancher mixte bois béton collé » ; version du 13 octobre 2020.

## 8. Références

### 8.1 FDES

Une FDES du procédé HYBRIDAL® est disponible. Celle-ci a été vérifiée selon le programme INIES (n° d'enregistrement INIES 6-347 :2020).

### 8.2 Référence de réalisation

Réalisation des planchers des bureaux de l'entreprise GODARD :

Date : juin 2020

Lieu : Héric (44810)

Surface : 104,62m<sup>2</sup>

Fabrication et pose des éléments de planchers par CRUARD Charpente et Construction Bois

## B. Partie justificative

### 1. Caractérisation des composants

Le but de la connexion collée est d'empêcher le glissement à l'interface bois-béton et de permettre ainsi d'utiliser l'inertie totale de la section résistante homogénéisée.

Le béton est utilisé comme dalle de compression et le bois essentiellement pour travailler en traction.

#### 1.1 Caractérisation de la raideur des connexions et de leur capacité résistante à reprendre les efforts

La raideur de connexion est déterminée sur éprouvettes par essais de cisaillement de type push-out statique selon les normes NF EN 408 et l'Annexe B de l'EN 1994-1-1 adaptées et la norme NF EN 26891.

Le système de connexion par coulage de béton sur sable pré-encollé sur support bois a été évalué. Une adhérence parfaite est assurée par ce procédé de collage avec une rigidité de connexion moyenne égale à 3619 kN/mm. Il s'agit d'une rigidité de connexion de type collée.

#### 1.2 Caractérisation de la rigidité efficace de la section

Compte tenu de la très forte rigidité de la connexion bois-béton des conditions d'adhérences parfaites sous chargement statique et de fatigue sont retenues. Les rapports d'essais (push out sur éprouvettes et flexion quatre points sur planchers à l'échelle 1 selon la norme NF EN 408) confirment la rigidité de connexion. Il s'agit d'une connexion sans glissement.

La rigidité effective peut être calculée avec la méthode gamma de l'annexe B de l'EC5.

### 2. Stabilité de l'ouvrage

#### En phases provisoires

##### 2.1 Justification pour les phases de levage et de transport, justification mécanique des dispositifs de levage

La préhension des planchers préfabriqués se fera à l'aide de connecteurs spécifiques à accrochage et décrochage rapide, fixés dans la structure bois et leur tête ne dépassant pas le béton rapporté (vis de reprise de type ASSY 3.0 KOMBI ou équivalent associée à un anneau de levage type WURTH® ou équivalent). Ce système servira pour la manutention des planchers en usine et sur chantier. Le système de levage est adapté au poids du plancher en fonction des données techniques du fournisseur. Le système d'ancrage n'est pas propre au concept et est un système commercialisé dans le domaine d'application.

Voir en annexe la documentation jointe associée à ce système de levage, qui inclue une note de calcul justifiant de la tenue mécanique.

Lors des phases de préfabrication en usine, les planchers sont levés à l'aide d'un pont roulant et d'un palonnier.

Sur chantier, les planchers sont levés à l'aide d'une grue dimensionnée à cet effet et d'un palonnier.

En fonction du poids du plancher trois types de palonniers peuvent être utilisés :

- Jusqu'à 4 T : utilisation d'un palonnier à 4 points de levage.
- Entre 4 T et 6 T : utilisation d'un palonnier à 6 points de levage.
- Au-delà de 6 T : utilisation d'un palonnier à 8 points de levage.

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2

Les caractéristiques et le positionnement des ancrages sont définis à l'aide d'une feuille de calcul (voir exemple en annexe).

Il conviendra de reporter l'opération de levage sur chantier en cas de vent supérieur à 60km/h.

### 2.2 Justification de la stabilité en phase provisoire.

La stabilité est assurée par les porteurs verticaux et horizontaux principaux et leurs dispositifs de contreventement. Les planchers sont posés sur une structure autostable comme dans le cas d'un système de prédalle béton. En cas de besoin, un dispositif de fixation mécanique de type tirefonds peut être disposé pour maintenir le plancher en place en phase provisoire.

### En phases définitives

La stabilité de l'ouvrage consiste à solliciter le plancher en utilisant sa fonction diaphragme. Cette dernière est assurée par la présence d'une dalle de compression préfabriquée sur squelette bois.

L'effort de cisaillement dû à la reprise de stabilité transite dans la dalle de compression puis sollicite la connexion en cisaillement pour transmettre cet effort à la porteuse.

Les caissons agissent donc comme une succession de diaphragmes liaisonnés entre eux mécaniquement pour ramener les efforts horizontaux de contreventement aux éléments de stabilité verticaux du bâtiment (palées, murs, refends béton, etc ...).

Un exemple de note de calcul de dimensionnement du plancher en diaphragme est présenté en annexe.

### 2.3 Justification de la largeur de dalle béton à prendre en compte.

La justification du plancher mixte peut être faite selon les méthodes de calcul de sections mixte bois-béton. La section de béton qui sera considérée est celle égale à la largeur du panneau multipliée par l'épaisseur de la dalle de compression.

### 2.4 Justification de la stabilité en phase définitive.

La stabilité en phase définitive se fera en assurant des conditions d'appuis réglementaires des panneaux de planchers ou des modes de fixations mécaniques appropriés du point de vue de l'Eurocode 5. Les planchers ayant un comportement isostatique, une vérification de l'écrasement localisé en zone d'appuis sera effectuée.

### 2.5 Vérification des critères de résistance (ELU)

La méthode de dimensionnement du plancher en flexion simple est présentée en annexe.

Un exemple de note de calcul de dimensionnement du plancher en statique est présenté en annexe.

### 2.6 Vérification des critères de services (ELS).

Le calcul des flèches tient compte des différents chargements (phase définitive) et des durées d'application de ces chargements.

La flèche finale est limitée à  $L/250$ .

En l'absence de cloisons ou revêtements de sol fragiles, la flèche active est limitée à :

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

En présence de cloisons ou revêtements de sol fragiles, la flèche active est limitée à :

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

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2

Les vérifications sous conditions de service se feront suivant l'Eurocode 5 et les exigences en vigueur. La préfabrication en atelier des éléments de planchers permet de faire un calcul de flèche avec une section homogénéisée avec prise en compte des charges permanentes et d'exploitation incluant la dalle de béton.

La méthode de dimensionnement du plancher en flexion simple est présentée en annexe.

Un exemple de note de calcul de dimensionnement du plancher en statique est présenté en annexe.

### 2.7 Compatibilité des déformations de l'assemblage bois-béton collé

La compatibilité des déformations de l'assemblage bois-béton collé a été vérifiée par des tests de durabilité réalisés sur les planchers HYBRIDAL® (voir le Rapport de Laboratoire Bois HD « Test de durabilité sur plancher mixte bois béton collé »).

Les résultats montrent que malgré les conditions sévères de vieillissement subies par les planchers (alternance de deux climats : froid et humide / chaud et sec), il n'y a pas eu de dégradation ou de modification significative des propriétés mécaniques des planchers testés. La liaison par collage entre le béton et le bois n'a pas été endommagée ni altérée par les effets climatiques auxquelles les planchers ont été soumis. Ainsi la collaboration des matériaux est toujours présente après le vieillissement.

Il est important de noter que les conditions climatiques extrêmes pratiquées lors de ces tests sont beaucoup plus défavorables que celles que subiront les planchers lors de leur usage prévu. En effet le procédé HYBRIDAL® est destiné à la réalisation d'ouvrages de structure en classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 (Eurocode 5). De plus, le procédé HYBRIDAL® sera utilisé exclusivement à l'intérieur des bâtiments et son domaine d'emploi est limité aux locaux à faible et moyenne hygrométrie, c'est-à-dire ceux pour lesquels  $W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$  selon le cahier du CSTB n°3567.

## 3. Incendie

### 3.1 Justification de la stabilité en cas d'incendie

#### 3.1.1 Justification du classement de réaction au feu : classement conventionnel ou déterminé par un essai

Le classement conventionnel lié aux matériaux employés (bois et béton) est utilisé pour justifier du classement de réaction au feu du plancher HYBRIDAL®.

Concernant les éléments bois, ceux-ci bénéficient d'un classement conventionnel en réaction au feu D-s2, d0 selon la norme NF EN 13501-1. L'adéquation entre ce classement et les exigences réglementaires doit être examinée au cas par cas en fonction du type de bâtiment et de l'emplacement du plancher dans l'ouvrage.

#### 3.1.2 Justification du degré de résistance au feu

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

- Sans protection au feu :  
Le degré de stabilité au feu du plancher HYBRIDAL® est vérifié en considérant que les poutres en bois sont déconnectées de la dalle béton. La résistance au feu « R » des poutres en bois est justifiée par application de l'Eurocode 5 partie 1-2 (NF EN 1995-1-2). Le degré coupe-feu « EI » est vérifié par application de l'Eurocode 2 partie 1-2 (NF EN 1992-1-2) pour la dalle de béton lorsque celle-ci constitue la totalité de l'isolement au feu. Le degré coupe-feu du plancher est subordonné à sa stabilité au feu pour un degré au moins égal.
- Avec plafond de protection :  
Le degré de résistance peut être justifié par la mise en œuvre d'un plafond contribuant à la résistance au feu du plancher protégé.

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2856\_V2

Voir l'annexe « Justification du degré de résistance au feu du solivage » pour plus d'informations.

Voir en annexe les exemples de notes de calculs sur le dimensionnement à chaud des solives dans les configurations suivantes :

- Solive non protégée.
- Solive protégée par plaque de plâtre en sous face.

### 4. Thermique

#### 4.1 Justification de la performance thermique

Ce plancher par sa constitution ne peut être considéré comme isolant. Il peut nécessiter des compléments d'isolation en fonction des exigences et de son emplacement dans le bâtiment.

### 5. Acoustique

#### 5.1 Justification des performances acoustiques

Voir en annexe les résultats de l'étude acoustique.

### 6. Aptitude à l'emploi - durabilité

Compte tenu de la limitation à des usages exposants les solives aux classes d'emploi 1 et 2, leur durabilité face aux éléments fongiques et aux insectes xylophages peut être normalement assurée par un traitement de préservation fongicide / insecticide certifié CTB P+.

Fin du rapport