DTA
DOCUMENT TECHNIQUE D'APPLICATION

3.1/15-839_V3

Valide du **14 décembre 2022**

au **31 janvier 2026**

Sur le procédé

Système SFS VB

Titulaire : **Société SFS Group SAS**
Internet : https://www.sfsintec.biz/fr

Distributeur : **Société SFS Groupe SAS**
Internet : https://www.sfsintec.biz/fr

Descripteur :

Le procédé est un plancher mixte bois-béton associant des poutres en en bois massif (résineux ou feuillus), lamellé collé ou LVL à une dalle de béton armé coulée en place. Cette dalle de béton est connectée aux éléments en bois au moyen de connecteurs métalliques de type tirefonds qui sont vissés dans les solives.

Des panneaux (OSB, panneaux de particules, contreplaqués…) formant un platelage sont situés entre la dalle et les solives.

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

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

Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher

Groupe Spécialisé n° 5.2 - Produits et procédés d'étanchéité de toitures-terrasses, de parois enterrées et cuvelage

Famille de produit/Procédé : Plancher mixte bois et béton

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB ; Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site Internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

AVANT-PROPOS

Les Avis Techniques et les Documents Techniques d'Application sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction des éléments d'appréciation sur la façon de concevoir et de construire des ouvrages au moyen de produits ou procédés de construction dont la constitution ou l'emploi ne relèvent pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.
Au terme d'une évaluation collective, l'avis technique de la commission se prononce sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés relativement aux exigences réglementaires et d'usage auxquelles l'ouvrage à construire doit normalement satisfaire.

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V3	Le document, examiné le 6 octobre 2022, intègre des modifications quant à la définition de la flèche active et ses limites.	Etienne PRAT	Roseline BERNARDIN-EZRAN
V2	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n°3.1/15-839_V1. Cette version intègre l'utilisation de solives en LVL (lamibois) pour la fabrication des planchers mixtes bois-béton SFS VB.	Etienne PRAT	Roseline BERNARDIN-EZRAN

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 5
1.1. Définition succincte 5
1.1.1. Description succincte 5
1.1.2. Mise sur le marché 5
1.1.3. Identification 5
1.2. AVIS 6
1.2.1. Domaine d'emploi accepté 6
1.2.2. Appréciation sur le procédé 6
1.2.3. Prescriptions techniques dans le cas de l'utilisation en mur et planchers 8
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 14
1.4. Annexe 1 à l'Avis Technique 15
1.4.1. Cas général 15
1.4.2. Calcul des paramètres de la section 16
1.4.3. Dimensionnement 17
2. Dossier Technique 21
2.1. Données commerciales 21
2.1.1. Coordonnées 21
2.2. Principe et domaine d'emploi proposé 21
2.3. Définition des matériaux 22
2.3.1. Composants bois 22
2.3.2. Connecteur 22
2.3.3. Béton 22
2.3.4. Armatures 23
2.3.5. Panneaux de coffrage 23
2.3.6. Eléments complémentaires 23
2.4. Dimensionnement 23
2.4.1. Méthode de calcul 23
2.4.2. Phases provisoires 23
2.4.3. Phase définitive 24
2.4.4. Stabilité en situation d'incendie 25
2.4.5. Stabilité en situation sismique 26
2.4.6. Acoustique 26
2.4.7. Cas des reprises d'appuis par la dalle béton (figure A-15) 26
2.4.8. Conditions particulières concernant la réalisation des trémies et autres réservations 27
2.4.9. Justifications particulières pour les cas autres que les travées isostatiques 27
2.5. Mise en Œuvre 27
2.5.1. Généralité 27
2.5.2. Etudes d'exécution 27
2.5.3. Pose dans le cas d'une rénovation 27
2.5.4. Pose dans le cas d'une construction neuve 28
2.5.5. Justification de la phase d'approvisionnement des dalles préfabriquées 28
2.5.6. Cas des préfabrications complètes de dalle bois béton en atelier 29
2.5.7. Description des dispositifs d'étaiement en phase provisoire 29
2.5.8. Description du plan d'assurance qualité mise en œuvre 29
2.5.9. Dispositions constructives des planchers 29
2.5.10. Assistance Technique 31
2.6. Utilisation en éléments porteurs et support d'étanchéité 31
2.6.1. Principe d'utilisation en toiture-terrasse 31

2.6.2. Domaine d'emploi 32
2.6.3. Dimensionnement 32
2.6.4. Caractéristiques des matériaux constitutifs 32
2.6.5. Relevé 32
2.6.6. Gestion des eaux pluviales 33
2.6.7. Joint de dilatation 33
2.6.8. Mise en œuvre 33
2.7. Résultats expérimentaux 34
2.8. Références 34
2.8.1. Données Environnementales 34
2.8.2. Autres références 34
2.9. Tableaux et figures du Dossier Technique 35
2.9.1. Fiche d'auto contrôle. Plancher existant 35
2.9.2. Fiche d'auto contrôle. Plancher neuf 36
2.9.3. Fiche technique Acoustique 37
2.9.4. Vis SFS VB 38
2.9.5. Dispositions Constructives 39

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher et n° 5.2 - Produits et procédés d'étanchéité de toitures-terrasses, de parois enterrées et cuvelage de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques ont examiné, le 06 octobre 2022 et le 14 décembre 2020, le procédé **SFS VB**, présenté par la Société SFS GROUP SAS. Il a formulé, sur ce procédé, le Document Technique d'Application ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine et DROM-COM.

1.1. Définition succincte

1.1.1. Description succincte

Le procédé est un plancher mixte bois-béton associant des poutres en en bois massif (résineux ou feuillus), lamellé collé ou LVL à une dalle de béton armé coulée en place. Cette dalle de béton est connectée aux éléments en bois au moyen de connecteurs métalliques de type tirefonds qui sont vissés dans les solives.

Des panneaux (OSB, panneaux de particules, contreplaqués…) formant un platelage sont situés entre la dalle et les solives.

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

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

1.1.2. Mise sur le marché

En application En application du Règlement (UE) n° 305/2011, les connecteurs SFS VB font l'objet d'une déclaration des performances (DdP) établie par le fabricant sur la base de l'Evaluation Technique Européenne ETE-13/0699. Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

1.1.3. Identification

1.1.3.1. Solives

Les solives utilisées constituant le système de plancher mixte sont de type :

- Bois lamellé collé (dont les caractéristiques devront satisfaire les exigences de la norme NF EN 14080) avec une classe de résistance minimale GL 20h ;
- Bois lamellé collé (dont les caractéristiques devront satisfaire les exigences de la norme NF EN 14080) avec une classe de résistance minimale GL 20h ;
- Bois massif avec une résistance mécanique d'au moins C18 (résineux) ou D24 (feuillus) selon la norme NF EN 14081 ;
- LVL (lamibois), feuillus ou résineux, structural utilisés à chant avec tous les plis parallèles dans le sens longitudinal et ayant une résistance en flexion au minimum $f_{m,0,chant,k}$ = 27 N/mm², une résistance en traction $f_{t,0,k}$ = 24 N/mm², un module moyen $E_{0,moy}$ = 10000 N/mm² et une masse volumique caractéristique ρ_k = 410 kg/m^3. Les LVL s'utilisent uniquement en poutre, posé sur chant (les connecteurs sont vissés sur le chant des poutres).

1.1.3.2. Connecteurs

Les connecteurs sont fabriqués à partir d'un fil d'acier brut de qualité spéciale, en matière acier 18B3, ils sont de classe de dureté de 8.8. Les connecteurs ont une longueur sous tête de 100, 110 ou 165 ± 5 mm, une longueur de tête, entre la collerette de butée et la collerette d'ancrage, de 45 mm, un diamètre de filetage 7,5 ± 0,2 mm avec une longueur filetée de 95 ou 135 ± 2,5 mm. Les connecteurs sont désignés par l'appellation « connecteurs VB ». Les connecteurs sont marqués sur la collerette de tête des 3 lettres "SFS".

1.1.3.3. Béton

Le béton coulé en œuvre formant la dalle de compression du système de plancher mixte est de type C25/30 minimum selon NF EN 206/CN.

La dimension maximale du granulat est de 16 mm.

1.1.3.4. Panneaux de coffrage

Les panneaux de coffrage utilisés sont de type :

- Matériaux structurels faisant parti de la dalle béton comme des prédalles béton, ou un bac acier collaborant ;
- Des panneaux d'OSB selon la norme NF EN 300 (octobre 2003) ;
- Des panneaux de contreplaqué selon la norme NF EN 636 (décembre 2003) ;
- Des panneaux en bois massif conformes à la norme NF EN 14081 ;
- Des panneaux de particules P4/5/6/7 suivant la norme NF EN 312 (Novembre 2010).

En cas d'utilisation de panneaux bois non résistant à l'humidité un film polyane doit être appliqué afin de protéger le panneau des intempéries et de la laitance du béton.

1.1.3.5. Film de protection

Le film utilisé afin de protéger les solives bois de l'humidité du béton est de type Polyéthylène d'épaisseur 200 µm minimum.

1.2. AVIS

L'Avis porte uniquement sur le procédé tel qu'il est décrit dans le Dossier Technique joint, dans les conditions fixées aux Prescriptions Techniques (§1.2.3.).

1.2.1. Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine, et en DROM-COM, pour les classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 (Eurocode 5) et en classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

L'Avis est formulé pour une utilisation en zone de sismicité 1 à 4 pour les bâtiments de catégorie d'importance I à IV et zone 5 pour les bâtiments de catégories d'importance I et II au sens de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

Le domaine d'emploi proposé est limité aux locaux à faible ou moyenne hygrométrie, à l'exclusion des locaux à forte et très forte hygrométrie, c'est à dire ceux pour lesquels W/n > 5g/m^3, avec :

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

Dans le cas d'une utilisation en vide sanitaire, le vide sanitaire doit être bien ventilé en respectant les conditions définies dans le NF DTU 31.2 et le §5.2.2 du DTU 51.3.

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

Le domaine d'emploi accepté par le Groupe Spécialisé n° 3.1 concerne l'utilisation dans les bâtiments d'habitation de la 1ère à la 4ème famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, soumis exclusivement à des charges statiques (en comprenant par ces dernières les effets dynamiques courants dus au déplacement des personnes et des appareils légers qui ne produisent pas de vibrations). Les utilisations sous charges pouvant entraîner des chocs ou des phénomènes de fatigue n'ont pas été étudiées dans le cadre du présent Avis.

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. Les chariots élévateurs ne sont pas visés par l'Avis Technique.

Les dispositions d'accrochages ou de suspension en sous-face du procédé SFS VB (isolation exclue en sous-face du plancher de toiture) doivent être prévues par les DPM et validées par le bureau d'études structure avec l'assistance technique du titulaire.

Cet Avis Technique ne traite pas l'étanchéité de planchers intérieurs. La continuité sur appui des dalles de compression est visée par le présent Avis dans les conditions fixées aux Prescriptions Techniques (§1.2.3.1.10).

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

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

Le procédé est destiné à la réalisation des toitures en travaux neufs :

- Inaccessibles avec chemins de circulation éventuels, sans rétention temporaire d'eaux pluviales ;
- Inaccessibles à rétention temporaire des eaux pluviales, avec protection meuble ;
- Inaccessibles avec procédés d'étanchéité avec modules souples photovoltaïque bénéficiant d'un Avis Technique en cours de validité ;
- Inaccessibles avec procédés de végétalisation bénéficiant d'un Avis Technique en cours de validité ;
- Techniques ou à zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades (nacelles) ;
- Accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots selon les prescriptions spécifiques du paragraphe 2.6.

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

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

Le procédé peut recevoir :

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

1.2.2. Appréciation sur le procédé

1.2.2.1. Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi

Stabilité

La résistance et la stabilité du procédé sont normalement assurées dans le domaine d'emploi accepté sous réserve des dispositions complémentaires données par les Prescriptions Techniques (§1.2.3 ci-après).

Sécurité en cas d'incendie

Résistance au feu

Conformément aux conditions prévues par l'Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, les planchers mixtes SFS VB, sont à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu dans les conditions précisées dans l'Avis de laboratoire de résistance au feu AL n° AL 15-156 en considérant la mobilisation des connecteurs.

Réaction au feu

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

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

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

Propagation du feu aux façades

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

Dans les bâtiments pour lesquels il existe une exigence C+D, les dispositions constructives doivent répondre aux exigences de l'IT 249 et, dans le cas des supports bois, du guide Bois construction et propagation du feu par les façades V3.1 daté du 7 décembre 2020.

Pose en zones sismiques

Le procédé de planchers mixtes bois-béton SFS VB, peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme sous réserve du respect des conditions précisées aux Prescriptions Techniques (§1.2.3.1.4).

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Pour le procédé proprement dit, elle est normalement assurée si les conditions concernant la phase de montage résultant des Prescriptions Techniques sont respectées.

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

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

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

Isolation thermique

Ce plancher est par lui-même peu isolant et peut nécessiter des compléments en fonction du type de bâtiment et de son emplacement dans le bâtiment.

Le calcul de la résistance thermique utile des planchers doit être mené conformément aux « Règles Th-Bat ».

Isolation acoustique

Le plancher, seul ou complété par un plafond fixé directement sur la sous-face des poutres bois au moyen de pointes ou vis, ne permet pas de satisfaire, pour les épaisseurs de dalle de béton coulée en place prévues dans le Dossier Technique

L'atteinte des critères d'isolation fixés par la réglementation nécessite la mise en œuvre d'ouvrages complémentaires de type plafond suspendu. L'efficacité du complexe ainsi constitué vis-à-vis de l'isolation acoustique dépend de la conception particulière du plafond et de sa suspension

Cette efficacité peut être jugée soit à partir d'essais, soit en se référant aux « Exemples de solutions » relatifs à la Nouvelle Réglementation Acoustique, et après s'être assuré que la fréquence de résonance de l'ensemble plancher et plafond suspendu rapporté est inférieure à 60 Hz.

Cette fréquence peut être calculée par la formule :

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

Avec :

- f_0 = la fréquence de résonance en Hz ;
- m_1 = la masse, en kilogramme, d'un mètre carré de plancher brut ;
- m_2 = la masse, en kilogramme, d'un mètre carré de plafond rapporté ;
- K = le coefficient de raideur dynamique, en N/m du dispositif de suspension du plafond. Il correspond au rapport de la force, en N, à appliquer, au déplacement qui en résulte pour le dispositif de suspension, déplacement exprimé en m. Ce coefficient K doit être rapporté à 1 m² de plancher.

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

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

Données environnementales et sanitaires

Le procédé SFS VB ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Aspects sanitaires

Le présent avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.2.2. Durabilité - Entretien

Compte tenu de la limitation à des usages exposant les plancher SFS VB aux classes d'emploi 1 et 2, leur durabilité face aux éléments fongiques peut être normalement assurée soit du fait de la durabilité naturelle de l'essence utilisée, soit par l'application d'un traitement de préservation dans les conditions fixées au §1.2.3.1.13 des Prescriptions Techniques.

Le deuxième décret n° 2006-591 d'application de la loi n° 99-471 du 8 juin 1999 tendant à protéger les acquéreurs et propriétaires d'immeubles contre les termites et autres insectes xylophages » - dite loi termites, suivi par l'arrêté du 16 février 2010 modifiant l'arrêté du 27 juin 2006 relatif à l'application des articles R.112-2 et R. 112-4 du code de la construction et de l'habitation, vise la protection des bois et des matériaux à base de bois participant à la solidité des ouvrages et mis en œuvre lors de la construction de bâtiments neufs ou de travaux d'aménagement. Les planchers SFS VB répondent à la réglementation en vigueur sous réserve des dispositions complémentaires données aux Prescriptions Techniques (§1.2.3.2 ci-après).

1.2.2.3. Fabrication et contrôle

La fabrication des connecteurs est assurée exclusivement par la société SFS. Le suivi de la production est assuré dans le cadre des procédures internes d'autocontrôle.

1.2.2.4. Mise en œuvre

La mise en œuvre de poutres préassemblées (pièces de bois + connecteurs vissés) peut être assurée par des entreprises de maçonnerie ou de charpente qualifiées et formées. Le titulaire du présent Avis Technique devra néanmoins pouvoir être en mesure de fournir une assistance technique au niveau de la mise en œuvre finale du procédé de plancher SFS VB.

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

1.2.3. Prescriptions techniques dans le cas de l'utilisation en mur et planchers

1.2.3.1. Conditions de conception et de calcul

La conception et le calcul du système SFS VB sont à la charge du bureau d'études techniques qui doit également fournir un plan de pose complet. SFS Group prête l'assistance technique nécessaire dans ce cadre en mettant notamment à disposition des acteurs de la construction une liste de bureau d'études techniques disposant de l'expertise requise pour le dimensionnement du système SFS VB en respect des prescriptions techniques particulières du présent Avis et des normes en vigueur.

Le principe de la connexion bois-béton est d'empêcher le glissement à l'interface des deux matériaux, pour permettre de calculer une section mixte homogénéisée et utiliser son inertie totale dans les calculs. Cette section combine une table de compression béton à une poutre bois qui fait office de nervure tendue. Le béton travaille donc essentiellement à la compression et le bois en traction.

1.2.3.1.1. Rigidité du plancher

La méthode appliquée pour l'évaluation de la rigidité effective en flexion est celle décrite dans la norme NF EN 1995-1-1 Annexe B.

Les modules de glissement des connexions à prendre en compte dépendent du type de connecteur et du type de bois. Des valeurs différentes de modules sont à utiliser pour les vérifications aux Etats limites Ultimes et aux Etats Limites de Service de même que les vérifications à l'état initial et à l'état final. Les valeurs des modules de glissement dans les différents cas sont indiquées au §2.4.3.1 du Dossier Technique.

1.2.3.1.2. Vérifications en phase définitive

1.2.3.1.2.1. Les contraintes de flexion

Dans la mesure où l'effort de cisaillement maximal dans le connecteur le plus sollicité ne dépasse pas sous charges pondérées les valeurs données au § 1.2.3.1.6 ci-après et §2.4.3.1 du Dossier Technique, on peut effectuer les calculs en section mixte selon l'Annexe 1 du présent Avis.

La vérification consiste donc à s'assurer que sous l'action des charges pondérées :

- Par 1,35 pour le poids propre et les charges permanentes ;
- Par 1,5 pour les charges à caractère variable.

La contrainte développée dans le bois ne dépasse pas la valeur $(k_h \times k_{mod} \times f_{m,k})/\gamma_M$ et la contrainte développée dans le béton reste inférieure à : $0{,}85 \times f_{ck}/1{,}5$.

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

Le mode de calcul détaillé est donné dans §2.4 du Dossier Technique, ci-après.

1.2.3.1.2.2. Contraintes normales

Les vérifications usuelles aux ELU doivent être menées sur les solives bois d'une part et sur la dalle béton d'autre part en ayant au préalable déterminé la position de l'axe neutre de la section mixte.

Pour les sections bois, les vérifications doivent être menées en traction et flexion combinées selon la norme NF EN 1995-1-1 § 6.2.3.

Pour les sections béton, on se rapporte aux vérifications usuelles d'une poutre type béton armée vis à vis des sollicitations de flexion au sens de la norme NF EN 1992-1-1 soit :

- Limitation de la contrainte de compression du béton ;
- Justification des armatures anti-fissurations vis-à-vis des contraintes normales.

1.2.3.1.2.3. Vérification à l'effort tranchant

Il y a lieu de réaliser les vérifications suivantes :

- Vérification de la compression des bielles de béton ;
- Vérification des sections d'armatures de reprise d'effort tranchant selon les dispositions de la NF EN 1994-1-1 (§6.6.6.2.1, Référence à la norme NF EN 1992-1-1 §6.2.4).

Les contraintes obtenues par application de cette méthode sont à comparer aux contraintes de calcul définies par l'Eurocode 2 (pour le béton) et l'Eurocode 5 (pour le bois) à l'exception de la contrainte de cisaillement induite par le connecteur qui est limitée à la valeur issue des essais pour toute classe de bois supérieure ou égale à C18 ou D24.

Les calculs doivent tenir compte des phases successives de la mise en œuvre (report des charges à l'enlèvement des étais sous forme de charge ponctuelle correspondant à la réaction des étais)

Le mode de calcul détaillé est donné le §2.4 du Dossier Technique, ci-après.

1.2.3.1.2.4. Le fléchissement

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

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

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

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

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

- Les déformations différées sous l'action du poids propre du plancher ;
- Les déformations totales dues aux charges permanentes mises en œuvre après les éléments fragiles ;
- Les déformations différées sous l'action de toutes les charges permanentes ;
- Les déformations totales dues à la part quasi permanente des charges d'exploitation.

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

- L/350 pour L ≤ 7,00 m ;
- 1 cm + L/700 pour L > 7,00 m.

En présence de revêtement de sol fragile ou de cloisons fragiles, les prescriptions portant sur la limitation des flèches nuisibles du FD P18-717 sont adoptées, soit :

- L/500 pour L ≤ 5,00 m ;
- 0,5 cm + L/1000 pour L > 5,00 m.

1.2.3.1.3. Vérifications en phase provisoire

La vérification dans cette phase concerne les solives bois.

Elle est effectuée sous l'action simultanée :

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

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

- $L/500$ si un aspect de sous face est nécessaire ;
- $L/200$ sans aspect de sous face.

Si la déformée à mi-portée ne respecte pas ce critère, un étayage devra être prévu.

De plus, le cumul des contraintes en superposition des phases provisoires et finales dans le bois et le béton, doit être vérifié.

Les principes de vérification de déformation du platelage sont décrits dans l'Annexe 1 §1.4.3.1.

1.2.3.1.4. Utilisation en zone sismique

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

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

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

- La fonction diaphragme ne peut être assurée que par la table de compression d'épaisseur 70 mm minimum conformément à l'article 5.10 de la norme NF EN 1998-1.
- Les diaphragmes doivent pouvoir permettre, avec une sur résistance suffisante, les effets de l'action sismique aux différents éléments contreventement auxquels ils sont liés ; cette prescription est considérée comme satisfaite si, pour effectuer les vérifications de résistance appropriées, les effets de l'action sismique sont multipliés par un coefficient de sur-résistance défini dans la NF EN 1998-1 § 4.4.2.5. La dalle béton et les connecteurs devront être dimensionnés en prenant respectivement en compte un coefficient de sur-résistance $\gamma_d = 1{,}3$ et $\gamma_d = 1{,}1$;
- Les sections d'armatures disposées dans la table de compression (armatures principales et armatures de répartition) sont calculées en fonction des charges à supporter. Ces armatures placées en chapeau sont à ancrer en rive en majorant de 30 % la longueur d'ancrage déterminée en situation non sismique dans des chaînages périphériques en béton armé coulés en œuvre, disposés pour véhiculer les actions horizontales sismiques aux éléments de contreventement verticaux.
- Il doit exister d'une part un chaînage périphérique continu, d'autre part un chaînage au croisement de chaque élément de contreventement avec le plancher.
- Les renforts des trémies doivent être dimensionnés pour transmettre les efforts aux éléments de contreventement. Le diaphragme doit être dimensionné en conséquence.
- Les dalles béton doivent être ancrées sur appui (cas des appuis béton et maçonnés) ou connectées au moyen de tire fonds (cas des appuis bois).
- Afin d'assurer la fonction tirant-buton le plancher doit présenter en tout point une capacité de résistance ultime à la traction. La valeur de l'effort tirant-buton doit être déterminée par une étude sismique spécifique. Cet effort sera pris égal à la plus grande des deux valeurs suivantes : 15 kN/ml ou l'effort de tirant-buton déterminée par calcul.
- La traction dans les chainages doit présenter une résistance en traction minimale de 70 kN cf. au §9.10.2.2 de la NF EN 1992-1-1.
- Les planchers mixtes bois-béton Système SFS VB peuvent être utilisée avec des procédés ayant une capacité élevée à dissiper l'énergie (DCH), moyenne (DCM) ou réduite (DCL) selon la norme NF EN 1998-1 tableau 8.1.

1.2.3.1.5. Vérifications en situation d'incendie

1.2.3.1.5.1. Sans protection au feu

Connexions mobilisées

Conformément aux conditions prévues par l'Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, les planchers mixtes SFS VB, sont à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu dans les conditions précisées dans l'Avis de laboratoire de résistance au feu AL 15-156.

Connexions non mobilisées

Le degré de stabilité au feu du plancher est vérifié en considérant que les poutres en bois sont déconnectées de la dalle béton. Les poutres en bois peuvent être justifiées par application de l'Eurocode 5 partie 1-2 (EN 1995-1-2). Le degré coupe-feu est vérifié par application de l'Eurocode 2 partie 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 pour un degré au moins égal.

1.2.3.1.5.2. Avec plafond de protection

Le degré de résistance peut être justifié par la mise en œuvre d'un plafond contribuant à la résistance au feu du plancher protégé. Ce système de 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.

1.2.3.1.5.3. Autres protections incendie

Leur convenance devra être examinée au cas par cas dans le cadre d'une appréciation de laboratoire agréé délivrée dans les conditions prévues par l'arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004.

1.2.3.1.6. Capacité résistante des connecteurs

La capacité des connecteurs à reprendre les efforts de cisaillement auxquels ils sont soumis a été déterminée par des essais (cf. §2.4.3.1 du Dossier Technique).

Les valeurs de résistance au cisaillement du connecteur, données dans le tableau du dossier technique en fonction de leur profondeur d'ancrage, de l'angle défini entre l'axe d'un connecteur et la fibre du bois et de l'essence de bois, sont à considérer dans le cas d'une utilisation en classe de service 1 ou 2 au sens de l'article 2.1.3 de la norme NF EN 1995 (Eurocode 5) et pour des charges de durée d'application moyenne.

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

1.2.3.1.7. Répartition et espacement des connecteurs

La répartition des connecteurs doit être déterminée en considérant le glissement à l'interface bois-béton dans l'hypothèse défavorable d'une connexion parfaitement rigide.

Le nombre de connecteurs est calculé pour chaque intervalle successif de poutre en considérant la valeur moyenne de glissement dans cet intervalle. Les bornes des intervalles sont délimitées par une variation de glissement égale à 0,5 fois le glissement maximal de l'intervalle.

Dans chacun de ces intervalles, les connecteurs doivent être répartis uniformément, et en nombre suffisant pour reprendre l'effort rasant global de la zone considérée.

L'espacement entre les connecteurs doit respecter les conditions précisées au paragraphe 2.5.9 du Dossier Technique.

1.2.3.1.8. Transmission des charges aux appuis

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

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

Dans le cas particulier où les poutres en bois ne sont pas prolongées jusqu'aux appuis (§2.4.7 du Dossier Technique), une attention particulière doit être portée à la vérification de la section de béton armé seule sous l'effet de l'effort tranchant. Une attention particulière doit également être apportée au transfert de l'effort tranchant de la solive bois vers la dalle béton par l'intermédiaire du tire-fond travaillant à l'arrachement.

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

1.2.3.1.9. Reprise de la flexion transversale

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

Dans le cas d'utilisation de prédalles béton ou de bacs collaborants, la reprise des efforts de flexion transversales devra être justifiée en tenant compte respectivement de la norme NF EN 1992 et des avis techniques de bacs collaborant visant les supports bois.

1.2.3.1.10. Conception des appuis de continuité

Le sciage de la dalle béton n'est autorisé que s'il est prévu en phase conception et décrit sur les plans d'exécution, le plancher étant par ailleurs justifié intégralement en isostatique.

Dans le cas de mise en œuvre des revêtements et cloisons fragiles : des armatures correspondant à $0{,}3M_0$ seront prévues sur appui dans le plancher (solives + dalle) pour assurer la continuité des solives et des poutres principales par ailleurs dimensionnées en isostatique.

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

1.2.3.1.11. Réalisation de réservations et de trémies

Les réservations et trémies doivent être réalisées conformément au Dossier Technique §2.4.8.

1.2.3.1.12. Conception de la toiture terrasse isolée étanchée

1.2.3.1.12.1. Implantation des zones techniques

Les Documents Particuliers du Marché (DPM) précisent, lorsqu'il y a, en toiture, des équipements qui justifient le traitement de la toiture en zone(s) technique(s), l'implantation et la surface de ces zones. La surface unitaire de la zone technique ou de chaque partie constituant chaque zone technique ne sera jamais inférieure à 200 m^2.

1.2.3.1.12.2. Terrasses et toitures végétalisées

Dans le cas de terrasses, toitures végétalisées (épaisseur de substrat inférieure à 30 cm), les charges de Capacité Maximale en Eau (C.M.E.) du système de végétalisation devront être prises en compte. Ces charges sont indiquées dans l'Avis Technique du procédé de végétalisation. En référence aux règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées et lorsque la pente est inférieure à 5 % sur plan, il n'est pas nécessaire de prendre en compte la charge complémentaire forfaitaire de 85 daN/m^2 pour le dimensionnement du plancher, puisque le fluage est pris en compte dans son dimensionnement (cf. Annexe).

1.2.3.1.12.3. Terrasses accessibles aux piétons et au séjour

L'emploi en terrasses accessibles aux piétons et au séjour est prévu, en respectant les prescriptions du paragraphe 2.6 du Dossier Technique

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

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

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

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

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

1.2.3.1.12.5. Évacuation des eaux pluviales

L'implantation des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales devra être conçue et réalisée conformément au NF DTU 20.12.

1.2.3.1.13. Traitement de préservation

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

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

Conformément à la réglementation en vigueur, les dalles SFS VB qui participent à la solidité des bâtiments devront être protégés par une durabilité conférée ou naturelle contre les insectes à larves xylophages sur l'ensemble du territoire et en complément, contre les termites dans les départements dans lesquels a été publié un arrêté préfectoral pris par l'application de l'article L. 133-5.

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

1.2.3.2. Conditions de fabrication

Les spécificités du procédé n'imposent pas de conditions particulières de fabrication des poutres bois, autres que celles en usage pour la construction bois en général.

1.2.3.3. Conditions de mise en œuvre.

1.2.3.3.1. Coulage de la dalle en béton.

Pour assurer une bonne répartition du béton sous la tête des connecteurs, le béton coulé en place doit avoir une consistance minimum de S2 au sens de la norme NF EN 206/CN. Sa mise en place nécessite une vibration à l'aiguille.

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

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

Les éléments en béton armé du plancher SFS VB doivent être mis en œuvre conformément aux prescriptions du NF DTU 21 : « Exécution des travaux en béton ; cahier des clauses techniques ».

1.2.3.3.2. Conditions d'exécution

La conception et le calcul des planchers sont laissés à la charge du bureau d'études techniques de l'opération.

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

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

Le plan de pose est établi par un bureau d'études. Dans ce dernier cas les indications du plan de pose doivent être complétées par le bureau d'études chargé de l'étude d'exécution du bâtiment en ce qui concerne les poutres, les chaînages, les trémies et chevêtres et, plus généralement les autres parties en béton armé coulé en œuvre.

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

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

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

1.2.3.3.3. Planchers courants

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

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

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

1.2.3.3.4. Cas particulier de la réhabilitation

Une attention particulière devra être apportée à l'homogénéité de l'humidité du bois des poutres anciennes et des éventuelles poutres neuves. Un écart de 2% est un maximum admissible.

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

- Réaliser un diagnostic des poutraisons pour juger de leur état de conservation ;
- Vérifier la capacité de la structure existante à supporter un éventuel vérinage avant coulage de la dalle béton, destiné à réduire la déformation des solives existantes ;
- Vérifier les sections résiduelles efficaces, par le biais d'une vérification d'intégrité biologique ;
- Vérifier l'état de déformation et de fissuration ;
- Identifier l'essence utilisée et la classe technologique conformément à la norme NF B 52 001 ;
- Remplacer impérativement les poutres qui présenteraient des dégradations ou des moisissures, notamment sur leur face supérieure ou bien faire procéder à leur renforcement par des entreprises spécialisées dans ce type de travaux et au moyen de techniques de renforcement éprouvées ;
- Tenir compte dans l'évaluation des charges du supplément d'épaisseur de la dalle de béton résultant de la déformation des poutres.

1.2.3.3.5. Contrôle sur chantier

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

1.2.3.4. Conditions de fabrication et de pose

La fabrication du procédé peut être réalisée partiellement en usine et sur chantier.

La fabrication complète en usine suit les étapes dans l'ordre chronologique suivant :

- Positionnement des solives à leur entraxe définitif ;
- Fixation du platelage en prenant en compte les largeurs d'appuis minimales et le positionnement pressentie des connecteurs ;
- Positionnement d'un film de protection des solives vis-à-vis de la laitance du béton. Ce film peut être placé avant ou après le positionnement des connecteurs. Un soin particulier doit être appliqué à la jonction entre film et connecteurs afin de ne pas créer de possibilité d'humidification des solives ;
- Insertion des connecteurs par vissage. Les longueurs de pénétration des connecteurs se règle à l'aide de la butée de profondeur. L'espace entre les solives et le béton ne doit pas excéder 50 mm. L'axe des connecteurs doit se situer à 30 mm du bord des solives. La régularité de positionnement des connecteurs est établie selon les principes de conception et de dimensionnement (cf. §2.5.9 du Dossier Technique) en fonction des justifications disponibles ;
- Mise en place des dispositifs d'étaiement ;
- Coulage du béton.

Dans le cas de la rénovation, les étapes suivantes doivent également être accomplies :

- Dégagement du platelage et vérification de sa tenue ;
- Expertise des solives et/ou positionnement des solives à leur entraxe définitif ;
- Perçage des orifices des murs périmétraux destinés à recevoir les ancrages (position par rapport aux appuis des solives, perçage selon enrobage souhaité des armatures de la dalle collaborante).

1.2.3.5. Conditions de conception

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

1.2.3.6. Conditions de mise en œuvre

La mise en œuvre des connecteurs peut être assurée par des entreprises de maçonnerie ou de charpente qualifiées et formées. Le titulaire du présent Avis Technique devra néanmoins pouvoir être en mesure de fournir une assistance technique au niveau du dimensionnement et de la mise en œuvre finale du procédé de plancher SFS VB.

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

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

Appréciation globale

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

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le plancher SFS VB appartient à la famille des planchers mixte bois-béton, dont le principe réside dans la réalisation d'une connexion entre une dalle en béton armé et des poutres en bois, l'objet de la connexion étant de bloquer le glissement longitudinal entre les deux matériaux pendant le fléchissement sous les charges. La particularité du plancher mixte SFS VB tient à la nature des connecteurs, tirefond-vis spécifique avec une partie filetée qui est vissée dans le bois avec ou sans pré-perçage et une partie tête lisse qui reste libre jusqu'au coulage du béton.

Les performances de ces connecteurs ont été déterminées par des essais. L'attention est attirée sur la spécificité de la méthode de dimensionnement proposée en annexe 1 qui doit être suivie par le bureau d'étude de l'opération.

Par ailleurs, le Groupe a jugé opportun, s'agissant de la répartition des connecteurs, de s'en tenir aux méthodes pratiquées usuellement jusqu'à ce jour pour ce type de plancher et consistant à les répartir de manière uniforme respectivement dans les zones d'extrémité et en zone centrale. Les informations concernant les hypothèses retenues pour les appuis de prédalles devront être fournies au fabricant de ces dernières.

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

Le document précise au §1.4.3.2.6 les limitations de la flèche active en fonction du revêtement de sol prévu. Les limitations sont reprises du guide d'application des normes NF EN 1992 (FD P18 717)

Le procédé SFS VB est considéré comme un plancher de type A au sens du NF DTU 20.12.

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

L'utilisation de costière métallique sur le procédé de plancher SFS VB n'est possible que pour une épaisseur de dalle de compression minimum de 80 mm.

Le présent DTA est formulé sur la base de l'ETA-13/0699 daté du 15 juin 2018, dont il est rappelé qu'il n'a pas de limite de validité.

La référence au guide Bois construction et propagation du feu par les façades V3.1 daté du 7 décembre 2020 est celle valide au jour de l'examen de l'Avis Technique par le Groupe Spécialisé.

1.4. Annexe 1 à l'Avis Technique

La présente annexe fait partie de l'Avis Technique : le respect du mode de calcul indiqué est une condition impérative de la validité de l'Avis.

1.4.1. Cas général

1.4.1.1. Notations

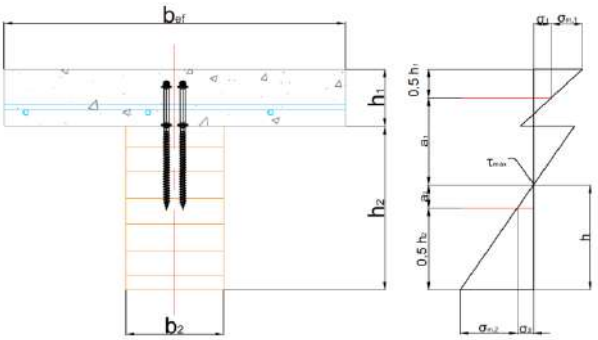


Figure A.1 - Notation

Pour les calculs les notations retenues sont celles de l'annexe B de la norme NF EN 1995-1-1.
Avec les indices i suivants :

- Béton : i = 1 ;
- Bois : i = 2.

1.4.1.1.1. Béton

On a pour le béton :

- $b_1 = b_{eff}$: largeur de la section de béton considérée (mm)
- h_1 : hauteur de la section de béton considérée (mm)
- A_1 : Air de la section de béton considérée (mm²)
- I_1 : Moment d'inertie de la section de béton considérée (mm4)
- γ_1 : Coefficient de pondération de la quantité de rigidité en flexion apportée par la section de béton
- a_1 : distance reliant le centre de la section de béton à l'axe neutre (mm)
- E_1 : Module d'élasticité moyen du béton sous chargement court terme (MPa)
- $E_{1,inf}$: Module d'élasticité du béton sous chargement long terme (MPa)
- $\gamma_{m,1}$: Coefficient partiel du matériaux béton selon la NF EN 1992-1-1
- $f_{c,k}$: Résistance caractéristique cylindrique à la compression (MPa)
- f_{cd} = 0,85 x $f_{ck}/\gamma_{m,1}$
- f_{yk} : limite d'élasticité des armatures (MPa)

1.4.1.1.2. Poutre en bois

On a pour le bois :

- l_t : portée (mm)
- b_2 : largeur de la section de bois considérée (mm)
- h_2 : hauteur de la section de bois considérée (mm)
- A_2 : Aire de la section de bois considérée (mm²)
- I_2 : Moment d'inertie de la section de bois considérée (mm4)
- a_2 : distance reliant le centre de la section de bois à l'axe neutre (mm)
- E_2 : Module d'élasticité moyen du bois sous chargement court terme (MPa)
- $E_{2,inf}$: Module d'élasticité du bois sous chargement long terme (MPa)
- $\gamma_{m,2}$: Coefficient partiel du matériaux béton selon la NF EN 1992-1-1
- k_{def} : Coefficient de déformation dépendant de la classe de service selon la NF EN 1995-1-1
- $f_{m,k}$: Résistance caractéristique à la flexion
- $f_{t,0,k}$: Résistance caractéristique à la traction
- $f_{v,k}$: Résistance caractéristique au cisaillement

Avec :

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

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

1.4.1.1.3. Connecteurs

L'espacement en cas de distribution constante est s.

En cas de distribution variable :

- s_1 : espacement entre chaque connecteur sur les zones d'appuis, soit sur le ¼ gauche et le ¼ droit de la longueur totale de la poutre ;
- s_2 = (qui est aussi = $2 \times s_1$) espacement entre chaque connecteur sur la zone centrale qui correspond à la ½ longueur totale de la poutre ;
- s_{eq} = espacement constant équivalent entre chaque connecteur : $s_{eq} = 0{,}75 \times s_1 + 0{,}25 \times s_2$.

La rigidité du connecteur est déterminée comme suit :

- K_{ser} : Rigidité de connexion aux ELS : (selon §2.4.3.1.3 du Dossier Technique)
- K_u : Rigidité de connexion au ELU avec : $K_u = \frac{2}{3} \times K_{ser}$

Résistance caractéristique à l'arrachement d'une paire de connecteur Vb : F_{ax,a,R_k} (déterminée selon le §2.4.3.1.1 du Dossier technique)

Résistance caractéristique en cisaillement d'une paire de connecteur Vb : F_{Rk} (selon le §2.4.3.1.2 du Dossier Technique)

Résistance caractéristique au cisaillement perpendiculaire au fil du bois d'une paire de connecteur Vb : $F_{v,90,R_k}$ (déterminée selon le §2.4.3.1.2 du Dossier technique)

1.4.2. Calcul des paramètres de la section

1.4.2.1. Rigidité efficace en flexion

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

$$(EI)_{ef} = (E_1 I_1 + \gamma_1 E_1 A_1 a_1^2) + (E_2 I_2 + E_2 A_2 a_2^2)$$

Avec i = 1 pour le béton et i = 2 pour le bois.

En utilisant les valeurs moyennes de E_i et où :

$$A_i = b_i h_i$$

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

1.4.2.1.1. Coefficient de glissement γ_i

$$\gamma_2 = 1$$

$$\gamma_1 = \left[1 + \frac{\pi^2 E_1 A_1 s}{(KL^2)}\right]^{-1}$$

Avec :

- L : portée considérée (mm) ;
- K : module de glissement de la connection (N/mm) ;
- s : espacement moyen des connecteurs (mm). Dans le cas de répartition par pallier s = 0,75 s_{max} + 0,25 s_{min} et s_{max} ≤ 4 s_{min}.

1.4.2.1.2. Position de l'axe d'inertie

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (h_1 + h_2)}{2(\gamma_1 E_1 A_1 + E_2 A_2)}$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2$$

1.4.2.2. Largeur efficace

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

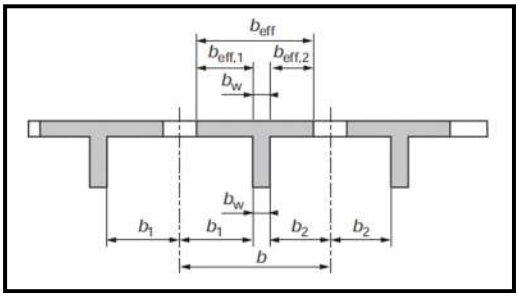


Figure A.2 - Largeur efficace

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

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$$

Où :

$$b_{eff,i} = \min \begin{Bmatrix} 0{,}2 \times b_i + 0{,}1 \times l_0 \\ 0{,}2 \times l_0 \\ b_i \end{Bmatrix}$$

Et l_0 est la distance entre points de moment nul (Figure 5.2 du §5.3.2.1 de la NF EN 1992-1-1)

<u>*Exemple de taux de collaboration entre la dalle et solives à l'ELS sous chargement permanent*</u>

Le béton est de classe de résistance C25/30 d'épaisseur 60 mm.

$$\gamma_1 = \left[1 + \frac{\pi^2 \times E_1 \times A_1 \times s}{(K_{ser} \times L_t^2)}\right]^{-1} = 0{,}358$$

Avec :

- E_1 (Module d'élasticité du béton) = 31000 MPa ;
- Largeur de la solive bois b_w = 140 mm ;
- Largeur efficace de la dalle béton :

$$b_{eff,i} = \min \begin{Bmatrix} 0{,}2 \times 600 + 0{,}1 \times (0{,}85 \times 6000) \\ 0{,}2 \times (0{,}85 \times 6000) \\ 600/2 \end{Bmatrix}$$

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w = 300 + 300 + 140 = 770 \text{ mm}$$

Et :

- A_1 (Section de la dalle) = 60 mm x b_{eff} mm = 46200 mm² ;
- s (Distance constante entre connecteurs) = 80 mm ;
- K_{ser} (Rigidité aux ELS) = 16,8 kN/mm ;
- L_t (Longueur du plancher) = 5,0 m.

1.4.3. Dimensionnement

1.4.3.1. Phase provisoire

1.4.3.1.1. Vérification de fléchissement du solivage

Pour cette vérification, on tient compte du supplément de poids dû à l'épaisseur complémentaire de béton entrainée par le fléchissement de la poutre bois (pour cette prise en compte, on peut simplement ajouter une surépaisseur fictive de béton, uniformément répartie, valant $0{,}7 \times f$, f étant le fléchissement à mi-portée déterminé sans la surépaisseur).

Ce fléchissement à la pose peut être évalué par l'expression suivante :

$$f = k_f \times \frac{5}{384} \times \frac{g \times L^4 \times 10^6}{E_2 I_2} \leq \mathrm{L}/300$$

Avec :

- f : la flèche en cm ;
- L : portée entre appuis et/ou étais éventuels, (en mètres) ;
- g : Charge permanente du plancher (en daN/m²) ;

- E_2 : Module d'élasticité du bois sous chargement court terme (MPa) ;
- I_2 : moment d'inertie de la section de solive (mm^4) ;
- k_f : coefficient fonction du nombre de travées en cas d'étaiement éventuels valant :
  - 1,00 pour 1 travée ;
  - 0,42 pour 2 travées égales ;
  - 0,52 pour 3 travées égales ;
  - 0,49 pour 4 travées égales.

1.4.3.1.2. Vérification de fléchissement du platelage

On vérifie aux ELU (cf. NF EN 12871 §B2.3) que le platelage ne rompt pas sous une charge ponctuelle Q_k de 150 daN au minimum. La charge n'est pas supposée bouger pendant une période comprise entre 1 semaine et 6 mois. La charge ponctuelle est associée à une durée de charge de moyen terme. Les valeurs de k_{Mod} seront prise en conséquence pour chaque type d'élément de platelage.

$$\frac{F_{max,k,0.05} \times k_{Mod}}{\gamma_M \times k_{dis}} \geq Q_k$$

Avec :

- $F_{max,k,0.05}$: capacité résistante caractéristique au fractile à 5% pour une charge concentrée à l'état limite ultime ;
- k_{dis} : facteur de correction pour la conversion des charges d'essais, prenant en considération l'influence des dimensions et de la forme du poinçon.

Dans le cas où cette condition ne serait pas vérifiée, des dispositions doivent être prise pour empêcher la circulation des intervenant sur le coffrage.

1.4.3.2. Phase définitive

Le béton et le bois ayant des comportements variant en fonction de la durée et des variations hygrométriques, il faut vérifier la structure à l'instant initial ($t = 0$) et à long terme ($t = \infty$) en faisant les calculs avec k_{def} et les valeurs de fluage du béton.

1.4.3.2.1. Justification du moment fléchissant

On a :

<u>Contrainte normale de traction moyenne :</u>

$$\sigma_{n,i} = E_i |\gamma_i a_i| \times \frac{M_u}{(EI)_{eff}}$$

<u>Contrainte normale de flexion :</u>

$$\sigma_{m,i} = E_i \frac{h_i}{2} \times \frac{M_u}{(EI)_{eff}}$$

Avec M_u : moment de flexion de calcul maximum.

Solives bois

<u>Vérification flexion – traction axiale combinée du bois :</u>

Il faut vérifier l'inégalité suivante :

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

Avec :

- $f_{t,0,d}$: Résistance de dimensionnement en traction du bois ;
- $f_{m,d}$: Résistance de dimensionnement en flexion du bois.

Dalle béton

Il faut vérifier l'inégalité suivante :

$$\sigma_{\mathrm{n},1} + \sigma_{m,1} = E_1 \left(|\gamma_1\, a_1| + \frac{h_1}{2} \right) \times \frac{M}{(EI)_{eff}} \leq f_{c,d} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

La contrainte de traction maximale dans la dalle collaborante reprise par les armatures est égale à :

$$\sigma_{\mathrm{n},1} \mp \sigma_{m,1} = E_1 \left(|\gamma_1\, a_1| - \frac{h_1}{2} \right) \times \frac{M}{(EI)_{eff}}$$

1.4.3.2.2. Justification à l'effort tranchant

Solives bois

Il faut vérifier l'inégalité suivante :

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

Avec V_u : Effort tranchant maximum de dimensionnement.

Dalle Béton

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

- Vérification de la compression des bielles de béton : Afin d'éviter l'écrasement des bielles de compression de la dalle béton il faut vérifier l'inégalité suivante :

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

Avec :

- θ_f l'angle de la bielle de béton et respecte les limites :
  - 1,0 ≤ $\cot\theta_f$ ≤ 2 pour les membrures comprimés (45° ≥ θ_f ≥ 26.5°) ;
  - 1,0 ≤ $\cot\theta_f$ ≤ 1,25 pour les membrures tendues (45° ≥ θ_f ≥ 38,6°).
- Coefficient de réduction de la résistance du béton fissuré à l'effort tranchant (NF EN 1992-1-1 §6.2.2)

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

- Vérification des sections des armatures de reprise du cisaillement longitudinal de la membrure (Selon les dispositions de la norme NF EN 1994-1-1 (§6.6.6.2.1, Réf. NF EN 1992-1-1 §6.2.4)).

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

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

Avec :

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

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

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

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

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

Avec :

- 1,0 ≤ $\cot\theta_f$ ≤ 2 pour les membrures comprimés (45° ≥ θ_f ≥ 26.5°) ;
- 1,0 ≤ $\cot\theta_f$ ≤ 1,25 pour les membrures tendues (45° ≥ θ_f ≥ 38,6°).

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

- Vérification des sections d'armatures de reprise de l'effort tranchant (cas de renformis) : Selon NF EN 1994-1-1 (§6.6.6.3) renvoi à la NF EN 1992-1-1 (§9.2.2(5)).

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

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

Avec :

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

Il faut vérifier l'équation suivante :

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

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

1.4.3.2.3. Vérification du connecteur

Il convient de vérifier que :

$$\frac{F_{3,max}}{R_{con,vd}} \leq 1$$

Avec :

- $R_{con,vd}$: la résistance en cisaillement de la connexion calculée selon le §1.4.1.1.3 de cette annexe ;
- $F_{1,max}$: l'effort de cisaillement maximum sur la connexion en N.

$$F_{1,max} = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1 \cdot s \cdot V_u}{(EI)_{ef}}$$

Et V_u : effort tranchant maximum de dimensionnement.

1.4.3.2.4. Vérification de la flèche instantanée.

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

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

1.4.3.2.4.2. Vérification de la flèche à court terme.

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

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

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

1.4.3.2.5. Vérification de la flèche finale.

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

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

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

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

Avec k_{def} : facteur de déformation définit dans le Tableau 3 §2.4.3.1.4 du Dossier Technique.

La flèche se vérifie selon :

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

1.4.3.2.6. Vérification de la flèche active

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

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

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

- Les déformations différées sous l'action du poids propre du plancher ;
- Les déformations totales dues aux charges permanentes mises en œuvre après les éléments fragiles ;
- Les déformations différées sous l'action de toutes les charges permanentes ;
- Les déformations totales dues à la part quasi permanente des charges d'exploitation.

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

- L/350 pour L ≤ 7,00 m ;
- 1 cm + L/700 pour L > 7,00 m.

En présence de revêtement de sol fragile ou de cloisons fragiles, les prescriptions portant sur la limitation des flèches nuisibles du FD P18-717 sont adoptées, soit :

- L/500 pour L ≤ 5,00 m ;
- 0,5 cm + L/1000 pour L > 5,00 m.

2. Dossier Technique

Issu du dossier établi par le titulaire

2.1. Données commerciales

2.1.1. Coordonnées

Titulaire : Société SFS GROUP SAS
39 Rue Georges Méliès
BP 55
FR-26000 Valence

Distributeur : Société SFS GROUP SAS
39 Rue Georges Méliès
BP 55
FR-26000 Valence

2.2. Principe et domaine d'emploi proposé

Le système SFS VB est utilisé pour la réalisation de planchers mixtes bois-béton faisant travailler une solive bois en flexion traction et une dalle de compression en béton par l'intermédiaire des connecteurs VB.

Le connecteur VB est de type tirefond-vis spécifique avec une partie filetée qui est vissée dans le bois sans pré-perçage et une partie tête lisse qui reste libre jusqu'au coulage du béton. L'utilisation d'un tel procédé permet de limiter le glissement aux appuis entre la dalle et la poutre ainsi que le glissement initial.

Le plancher mixte bois-béton SFS VB peut être utilisé en rénovation sur des solives bois existantes ou en construction neuve. Il est utilisé sur des poutres isostatiques ou des poutres hyperstatiques de 3 ou 4 appuis.

Le procédé vise les utilisations en France métropolitaine, et en DROM-COM, pour les classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 (Eurocode 5) et en classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

Le procédé vise l'utilisation en zone de sismicité 1 à 4 pour les bâtiments de catégorie d'importance I à IV et zone 5 pour les bâtiments de catégories d'importance I et II au sens de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

Le domaine d'emploi est limité aux locaux à faible ou moyenne hygrométrie, à l'exclusion des locaux à forte et très forte hygrométrie, c'est à dire ceux pour lesquels $W/n > 5\ g/m^3$, avec :

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

Dans le cas d'une utilisation en vide sanitaire, le vide sanitaire doit être bien ventilé en respectant les conditions définies dans le NF DTU 31.2 et le §5.2.2 du DTU 51.3.

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

Le domaine d'emploi vise l'utilisation du procédé dans les bâtiments d'habitation de la 1ère à la 4ème famille, de bureaux ou Etablissements Recevant du Public, en réhabilitation ou en construction neuve, soumis exclusivement à des charges statiques (en comprenant par ces dernières les effets dynamiques courants dus au déplacement des personnes et des appareils légers qui ne produisent pas de vibrations). Les utilisations sous charges pouvant entraîner des chocs ou des phénomènes de fatigue n'ont pas été étudiées dans le cadre du présent Avis.

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. Les chariots élévateurs ne sont pas visés par l'Avis Technique.

Les dispositions d'accrochages ou de suspension en sous-face du procédé SFS VB (isolation exclue en sous-face du plancher de toiture) doivent être prévues par les DPM et validées par le bureau d'études structure avec l'assistance technique du titulaire.

Le présent document ne traite pas l'étanchéité de planchers intérieurs. La continuité sur appui des dalles de compression est visée par le présent document dans les conditions fixées aux Prescriptions Techniques (§1.2.3.1.9).

Précisions du domaine d'emploi dans le cas d'utilisation en support d'étanchéité de toitures-terrasses et toitures inclinées (cf. §2.6 du Dossier Technique)

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

Le procédé est destiné à la réalisation des toitures en travaux neufs :

- Inaccessibles avec chemins de circulation éventuels, sans rétention temporaire d'eaux pluviales ;
- Inaccessibles à rétention temporaire des eaux pluviales, avec protection meuble ;
- Inaccessibles avec procédés d'étanchéité avec modules souples photovoltaïque bénéficiant d'un Avis Technique en cours de validité ;
- Inaccessibles avec procédés de végétalisation bénéficiant d'un Avis Technique en cours de validité ;
- Techniques ou à zones techniques, sans chemins de roulement des appareils d'entretien de façades (nacelles) ;

- Accessibles aux piétons et au séjour avec une protection par dalles sur plots selon les prescriptions spécifiques du paragraphe 2.6.

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

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

Le procédé peut recevoir :

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

2.3. Définition des matériaux

2.3.1. Composants bois

Les éléments bois connectés sont soit en bois massif feuillus ou résineux suivant la norme NF EN 14081, soit en lamellé collé suivant la norme NF EN 14080, soit en LVL suivant la norme NF EN 14374.

Les éléments bois ont une section rectangulaire de largeur minimale de 8 cm et de hauteur minimale de 10 cm. Dans le cas de poutre bois de section ronde, le diamètre minimum est de 13 cm avec un méplat supérieur de 8 cm. Les bois doivent avoir une humidité de mise en œuvre inférieur à 20% et le plus proche possible de l'humidité finale. Entre 7 et 13% pour une utilisation en classe de service 1 et entre 13 et 20% pour la classe de service 2.

La classe de résistance des bois massif est au minimum de qualité C18 ou D24 suivant la norme NF EN 338, les bois lamellés collés de qualité minimum GL 20h suivant la norme NF EN 14080 et le LVL (Lamibois) structural utilisé à chant avec tous les plis parallèles dans le sens longitudinal, avec une résistance en flexion au minimum $f_{m,0,chant,k}$ = 27 N/mm², une résistance en traction $f_{t,0,k}$ = 24 N/mm², un module moyen $E_{0,moy}$ = 10000 N/mm² et une masse volumique caractéristique ρ_k = 410 kg/m³. Dans le cas d'utilisation de bois feuillus, il faut pré-percer le bois avec un diamètre de pré-perçage de 4 mm sur une profondeur de 40 mm au minimum.

Dans le cas de rénovation de plancher existant en utilisant les solives en place, il faut réaliser un diagnostic afin de définir la classe de résistance et l'essence du bois. Le diagnostic sanitaire doit être confié à un bureau d'étude ou un organisme agréé.

Les appuis du procédé se font principalement par les solives bois, soit par appui directe sous les solives, soit par liaison mécanique en extrémité de solives avec des vis d'assemblage de type SFS WT ou WR ou étrier/sabot. Dans ce dernier cas vérifier que les connecteurs n'interfèrent pas la zone d'assemblage.

2.3.2. Connecteur

Les connecteurs SFS VB ont un marquage CE à partir de l'ETE-13/0699 sur la base du DEE 130090-01-0303 suivant le niveau d'attestation 1. Le DIBT (Deutsches Institut für Bautechnick) de Berlin représente l'organisme notifié pour les tests initiaux du produit, l'inspection initiale de l'usine, le contrôle de production, la surveillance continue, l'évaluation et approbation du contrôle de production en usine.

La fabrication des connecteurs est assurée exclusivement par la société SFS dans l'usine de Schramberg en Allemagne, certifiée ISO 9001, ISO/TS 16949, ISO 14001 et ISO 17025.

Les connecteurs SFS VB sont fabriqués à partir d'un fil d'acier brut de qualité spéciale, en matière acier 18B3 selon la norme EN 10263-4 : 2017. Les connecteurs ont une longueur sous tête de 100 ; 110 ou 165 mm, une longueur de tête, entre la collerette de butée et la collerette d'ancrage, de 45 mm, un diamètre de filetage 7,5 mm avec une longueur filetée de 95 ou 135 mm ± 2,5 (Voir §2.9.4). Les connecteurs sont recouverts d'une couche zinc servant de protection anticorrosion et de cire pour diminuer le couple de vissage.

Les connecteurs sont marqués sur la collerette de tête des 3 lettres "SFS". Un contrôle continu est assuré tout au long du processus de fabrication. Les connecteurs VB sont commercialisés par SFS Group SAS à Valence.

Tableau 1 : Propriétés caractéristiques des Vis SFS VB

Vis SFS VB	VB-48-7.5x100	VB-48-7.5x110	VB-48-7.5x165
Résistance en traction [kN]	16	17	17
Résistance en torsion [N.m]	16	18	18

2.3.3. Béton

Le béton utilisé est conforme à la norme NF EN 206/CN et au code de calcul NF EN 1992-1-1 (Eurocode 2).

L'épaisseur de la dalle béton est comprise entre 7 et 10 cm. Une épaisseur supérieure à 10 cm est envisageable sous certaines conditions détaillées dans le chapitre 2.4.3.2.2. Pour des petites portées et quand il n'y a pas de risque de poinçonnement de dalle (pas de charge ponctuelle ou linéaire), l'épaisseur de la dalle béton peut être réduite à 6 cm.

La classe de résistance de la dalle béton est au minimum C25/30 suivant la norme NF EN 206/CN avec des granulats de diamètre maximum D_{max} = 16 mm. Le rapport eau/ciment doit être le plus faible possible (dans la limite de la norme NF EN 206/CN) et la classe de consistance S2, S3, S4 ou S5 pour bien couler entre les connecteurs.

L'utilisation de béton autoplaçant permet d'éviter les surcharges lors du coulage du béton.

Dans le cas où la dalle joue un rôle de contreventement en situation sismique, son épaisseur minimale est alors portée à 7 cm, conformément aux normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1998-1-1. Dans ce cas, la dalle doit être liaisonnée aux éléments de contreventement verticaux, et doit comporter les armatures complémentaires éventuelles (chaînages) pour assurer ce rôle.

L'appui du procédé peut se faire par la dalle béton dans les cas où le support est en béton ou maçonnerie. Dans ce cas, prévoir aussi la pose de connecteur perpendiculairement à la solive pour ancrer la solive bois dans la dalle béton armée, voir chapitre 2.4.7. Le dimensionnement des armatures métalliques se fera conformément à la norme NF EN 1992-1-1. Toutes les préconisations de mise en œuvre devront suivre les normes en vigueur.

2.3.4. Armatures

Les armatures de la dalle béton armée seront conforme à la famille des treillis soudés ST de la norme NF A 35-016, et seront dimensionnées suivant la norme NF EN 1992-1-1.

Des renforts d'armatures sont à prévoir dans le cas de trémies, de plancher sur plusieurs appuis ou en porte à faux. La liaison périphérique de la dalle béton armé à la structure support béton se fera par les fers prévus à cet effet.

Il n'est pas nécessaire de ligaturer l'armature aux connecteurs VB.

En zone sismique les armatures seront dimensionnées suivant la norme NF EN 1998-1-1.

2.3.5. Panneaux de coffrage

Le fond de coffrage de la dalle béton peut être assuré de différentes manières :

- Matériaux structuraux faisant partis de la dalle béton comme des prédalles béton, ou un bac acier collaborant. Ces matériaux ne sont considérés travaillant que dans le sens transversal aux poutres mixte bois béton. De plus ils ne doivent pas interagir avec le système SFS VB ;
- Fond de coffrage perdu à base de matériaux autoporteur entre les solives tels des planches de bois massif ou des panneaux à base de bois (OSB2/3 suivant EN 300, Panneau de particules P4/5/6/7 suivant EN 312, Contreplaqués selon EN 636-1/2/3, LVL …). Ces fonds de coffrage peuvent être continus sur les solives à condition d'être incompressibles et de ne pas avoir une épaisseur supérieure à 50 mm, ou ils peuvent être coupés et intercalés entre les solives connectées. Dans le cas d'un fond de coffrage sensible à une reprise d'humidité par la laitance du béton, prévoir un film d'étanchéité de type feuilles en plastique de 0.2 mm en PE (polyéthylène), bien faire se chevaucher les joints, les scotcher si nécessaire. Remonter le film polyane plus haut que le niveau supérieur de la dalle béton contre les murs périphériques et autres réservations. Dans le cas de rénovation de plancher bois existant, les planches en bois peuvent être utilisées en fond de coffrage perdu, continue sur les solives après avoir vérifié leur capacité portante suivant le chapitre 2.4.2.3 ;
- Fond de coffrage réemployable entre solives.

2.3.6. Eléments complémentaires

Les éléments suivants peuvent être associés au procédé de planchers mixtes bois-béton SFS VB :

- Vis d'assemblage de type SFS WT ou WR faisant l'objet d'un ETE ;
- Fixations de type vis SFS HT et HUT ;
- Etrier/sabot conforme à l'ETAG 015.

2.4. Dimensionnement

2.4.1. Méthode de calcul

Le système bois-béton VB travaille en plancher mixte, les éléments bois reprennent les efforts de traction flexion et la dalle béton les efforts de compression. La transmission des efforts entre la dalle béton et les poutres bois se fait par l'intermédiaire des connecteurs VB. Le dimensionnement se fait suivant les Eurocodes, la semi-rigidité de la connexion est abordée selon la méthode Gamma de l'annexe B de la norme NF EN 1995-1-1.

Le dimensionnement du système VB comprend deux phases :

- Phase provisoire, quand le béton est en place mais non travaillant ;
- Phase définitive quand le béton est travaillant après séchage de la dalle et le désétaiement.

Dans tous les cas on vérifiera la résistance des éléments à l'état limite ultime et les déformations à l'état limite de service.

Ce dimensionnement est effectué en tenant compte du fluage des deux matériaux bois et béton uniquement en phase définitive (le fluage est négligé en phase provisoire).

2.4.2. Phases provisoires

Les planchers mixtes doivent être vérifiés en phase provisoire suivant les normes de construction en vigueur.

Si le plancher mixte bois-béton est prévu pour reprendre les efforts de contreventement du bâtiment il faut prévoir un système provisoire de contreventement tant que la dalle béton n'est pas travaillante.

2.4.2.1. Justification des dispositifs d'étaiement.

Dans la mesure du possible, il est recommandé, lors de la phase de bétonnage et de durcissement du béton, de soutenir les poutres par une ou plusieurs rangées d'étais que l'on place au niveau du tiers médian de la portée. Les étais doivent avoir une surface de contact sous la solive suffisante pour reprendre les charges provisoires. Ils doivent reposer sur une structure porteuse prévue à cet effet.

2.4.2.2. Justification des éléments bois en phase provisoire.

Il faut vérifier les éléments bois seul en rajoutant le poids propre des connecteurs, de l'armature et du béton frais en rajoutant les charges de construction habituelles.

Les éléments bois seront dimensionnés en ELU (flexion, tranchant, déversement…) et en ELS avec une flèche de L/200 ou L/500 si un aspect de sous-face est nécessaire.

2.4.2.3. Platelage.

Le platelage bois ou panneau fond de coffrage doit pouvoir reprendre les charges permanentes du béton et armature et les charges de construction en phase provisoire (coulage de béton, circulation des opérateurs).

Les charges de construction suivant la norme NF EN 1991-1-6 sont comme suit :

- 1,5 kN/m² sur une aire de travail de 3 x 3 m² ;
- 0.75 kN/m² à l'extérieur de l'air de travail.

La déformation maximum du platelage en phase provisoire est de L/500 dans le cas de platelage faisant office de sous face et de L/200 si le platelage est non apparent.

Si le platelage bois est continu sur les solives il doit avoir une épaisseur inférieure à 30 mm avec les connecteurs VB/48-7,5x100, et pour les connecteurs VB/48-7,5x165 l'épaisseur du platelage est au maximum de 50 mm.

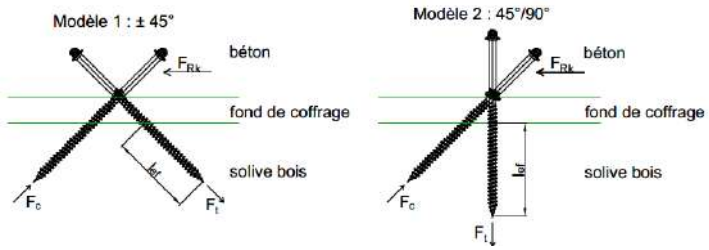
Dans le cas de platelages non continus sur les solives mais posés sur tasseau, ceux-ci doivent être fixés convenablement pour reprendre les charges précédentes. La longueur d'appuis du platelage devrait être vérifiée suivant NF EN 1995-1-1 avec une longueur mini de 20 mm, de plus il faut laisser une distance minimum de 30 mm de l'extrémité du platelage à l'axe des connecteurs

2.4.3. Phase définitive

2.4.3.1. Caractérisation des connecteurs VB.

Les valeurs caractéristiques de raideur et de capacités résistantes des connecteurs sont données par l'ETA-13/0699 en fonction du mode de disposition des vis SFS VB montré sur la figure ci-dessous :

Figure 1 – Mode de disposition des connecteurs. Modèles 1 et 2



2.4.3.1.1. Résistance à l'arrachement des vis SFS VB

La résistance caractéristique à l'arrachement des vis SFS VB est déterminée à l'aide de la formule suivante :

- $F_{a_x,\alpha,R_k} = 90\, l_{ef} \left(\frac{\rho_k}{350}\right)^{0,8}$ en N, pour un bois résineux ;
- $F_{a_x,\alpha,R_k} = 180\, l_{ef} \left(\frac{\rho_k}{530}\right)^{0,8}$ en N, pour un bois feuillu pré-percé.

Avec :

- ρ_k : densité du bois (kg/m^3) ;
- α : angle défini entre l'axe du connecteur et la fibre du bois (°) ;
- l_{ef} : profondeur d'ancrage d'un connecteur dans le bois (mm).

Pour le modèle 2, ne prendre en compte que la longueur d'ancrage du connecteur à 90°.

Les connecteurs doivent avoir une longueur d'ancrage dans l'élément bois de 60 mm au minimum.

2.4.3.1.2. Résistance au cisaillement d'une paire de connecteur SFS VB

La valeur caractéristique de la résistance au cisaillement F_{Rk} d'une paire de connecteur VB en N est déterminée à l'aide de l'équation suivante :

$$F_{Rk} = k_\alpha \, min \begin{cases} F_{a_x,\alpha,R_k} \\ 13000 \end{cases}$$

- k_α : facteur constructif :
  - $k_\alpha = 1{,}414$ pour le modèle 1 (α = ±45°) ;
  - $k_\alpha = 1{,}0$ pour le modèle 2 (α = 45°/90°).
- F_{a_x,α,R_k} : valeur caractéristique de résistance à l'arrachement (N) déterminée selon §2.4.3.1.1.

La résistance en cisaillement transversale (perpendiculaire à une poutre bois) d'une paire de connecteurs SFS VB est $F_{v,90,k}$ = 8370 N

2.4.3.1.3. Raideur en cisaillement K_{ser}

La valeur caractéristique de la raideur en service d'une paire de connecteur VB sous mis à un effort de cisaillement, suivant la profondeur d'ancrage l_{ef}.

Tableau 2 : Raideur des connecteurs

Orientation des connecteurs VB	K_{ser} en N/mm
Modèle 1 : ± 45°	$240 \times l_{ef}$
Modèle 2 : 45°/90°	$100\ l_{ef}$

Pour le dimensionnement à l'ELU on prendra $K_u = \frac{2}{3} K_{ser}$.

2.4.3.1.4. Valeur de k_{def}

L'influence des variations d'humidité et du fluage peut être prise en compte en réduisant les modules d'élasticité du bois et du béton, ainsi que le module de glissement des connecteurs dans les calculs selon la norme NF EN 1995-1-1. Les facteurs de réduction k_{def} sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 - Facteur de déformation

Matériau	Classe de service 1	Classe de service 2
Bois massif, EN 14081-1	0,6	2,0
Bois lamellé-collé, EN 14080	0,6	2,0
LVL, EN 14374	0,6	2,0
Béton, NF EN 206/CN	2,5	2,5
Connecteur SFS VB	0,6	4,0

2.4.3.2. Justification de la stabilité en phase définitive aux états limites ultimes.

Le béton et le bois ayant des comportements variant en fonction de la durée et des variations hygrométriques, il faut vérifier la structure à l'instant initial ($t = 0$) et à long terme ($t = \infty$) en faisant les calculs avec k_{def} et les valeurs de fluage du béton.

2.4.3.2.1. Justification de la reprise des efforts de compression sur appuis.

Les appuis de solives doivent être vérifié en compression transversale sur appuis.

Un frettage d'appuis est possible suivant le paragraphe 2.4.7.

2.4.3.2.2. Ferraillage minimum.

Les armatures de la dalle béton armée seront dimensionnées suivant les normes NF EN 1994-1-1 §6.6.6.2.1 et §6.6.6.3 et NF EN 1992-1-1 §6.2.4 et §9.2.2 (5)

Au minimum il faut prévoir une armature métallique de type ST 10.

Le ferraillage doit être dimensionnée pour reprendre les efforts tranchants et les efforts de cisaillement longitudinal dans la dalle béton et en particulier autour des connecteurs. Le diamètre de tête des connecteurs est égal à 12 mm.

Dans le cas de dalle béton d'épaisseur supérieur à 10 cm, il faut prévoir une réhausse de ferraillage en lien avec un deuxième lit d'armature en partie supérieur de la dalle.

2.4.3.2.3. Justification en flexion transversale.

La vérification en flexion transversale de la dalle béton doit être faite.

2.4.3.3. Justification aux Etats Limites de Service.

2.4.3.3.1. Vérification de la vibration

Le calcul vibratoire des planchers SFS doit être réalisé conformément au CPT 3802-P2 §3.3.6.

2.4.3.3.2. Ferraillage minimum (ELS).

Le ferraillage minimum doit être vérifié suivant la NF EN 1994-1-1 chapitre 7.4.2.

2.4.3.3.3. Justification en flexion transversale (cas des chargements élevés).

La vérification en flexion transversale de la dalle béton doit être faite.

2.4.4. Stabilité en situation d'incendie

2.4.4.1. Sans protection au feu :

2.4.4.1.1. Connexions mobilisées

Conformément aux conditions prévues par l'Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, les planchers mixtes SFS VB, sont à même de satisfaire des degrés de stabilité au feu dans les conditions précisées dans l'Avis de laboratoire de résistance au feu AL 15-156.

Selon l'AL n° AL 15-156, pour limiter l'écaillage de la dalle béton prévoir obligatoirement un fond de coffrage à base de bois ou panneau dérivé de bois d'une épaisseur de 20 mm minimum avec les joints entre panneau inférieur à 4 mm. De plus, la teneur en eau du béton de la dalle doit être limitée à 3% pour éviter le phénomène d'écaillage.

2.4.4.1.2. Connexions non mobilisées

Il est également possible de dimensionner le plancher mixte bois-béton en dehors du cadre de l'Avis de Laboratoire au feu sous condition de considérer les éléments déconnectés. Le degré de stabilité au feu du plancher est alors vérifié en considérant que les poutres en bois sont déconnectées de la dalle béton. Les poutres en bois peuvent être justifiées par application de l'Eurocode 5 partie 1-2 (EN 1995-1-2). Le degré coupe-feu est vérifié par application de l'Eurocode 2 partie 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 pour un degré au moins égal.

2.4.4.2. 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 d'un plancher protégé. Ce système de 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.

2.4.4.3. Autre protections incendie

Leur convenance devra être examinée au cas par cas dans le cadre d'une appréciation de laboratoire agréé délivrée dans les conditions prévues par l'arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004.

2.4.4.4. Disposition particulière

Pour limiter l'écaillement de la dalle béton prévoir obligatoirement un fond de coffrage à base de bois ou panneau dérivé de bois d'une épaisseur de 20 mm minimum avec les joints entre panneau inférieur à 4 mm.

Les appuis du plancher mixte se feront dans la structure porteuse ou par vis croisée SFS WT ou SFS WR avec les mêmes principes de dimensionnement. Voir les dispositions constructives de la Figure A-2 au §2.9.5.

2.4.5. Stabilité en situation sismique

La dalle béton, d'épaisseur au moins égale à 8 cm, est utilisable en fonction diaphragme de plancher.

Dans ce cas, les efforts horizontaux du diaphragme sont transmis à la structure porteuse en béton ou maçonnerie directement par des épingles ou autres fers à béton entre la dalle et un chainage périphérique dans les murs.

Pour les structures bois il est possible de connecter une muralière périphérique bois au diaphragme béton avec les connecteurs SFS VB. Cette muralière sera assemblée à la structure porteuse bois. La muralière peut être sous la dalle béton et reprendre aussi les solives du procédé ou elle peut être contre la dalle béton, dans la structure porteuse bois. (Voir Figures A-2 et A-3 au §2.9.5)

Le dimensionnement de la dalle béton en fonction diaphragme se fait suivant la norme NF EN 1998-1.

Les essais réalisés ont permis de prouver l'intégrité de la connexion après une sollicitation dynamique.

Si les connecteurs de chainage sont positionnés horizontalement dans les murs bois et donc dans l'épaisseur de la dalle béton, ils doivent respecter une distance minimum de 3 cm par rapport aux faces supérieure et inférieure de la dalle béton.

2.4.6. Acoustique

2.4.6.1. Bruit de choc

Il est possible d'estimer le niveau de bruit de choc équivalent normalisé pondéré du plancher brut $L_{n,w,eq}$ et la réduction du bruit de choc pondérée par le revêtement de sol ΔL_w selon EN 12354-2.

La valeur d'atténuation acoustique au bruit d'impact peut se prévoir suivant les valeurs du tableau au §2.9.3.

2.4.6.2. Bruit aérien

L'estimation s'effectue en principe sur la base de la norme EN 12354-2

2.4.7. Cas des reprises d'appuis par la dalle béton (figure A-15)

Dans le cas où les poutres bois ne peuvent pas garantir les appuis du procédé, il est possible de réaliser la transmission des efforts entre le plancher mixte et la structure porteuse par la dalle béton exclusivement. Les critères suivants doivent être vérifiés :

- Dalle béton d'une épaisseur minimum de 80 mm et d'une qualité minimum C25/30 ;
- Pose d'une ou deux paires de connecteurs perpendiculaires en extrémité de dalle pour transmettre les efforts tranchants de la partie bois à la dalle béton. Ces connecteurs devront respecter les espacements et distance suivante :

Tableau 4 - Distance et espacement des connecteurs de reprise d'appuis

Distance et espacement	Désignation	Valeur (mm)
Entraxe parallèle au fil	a_1	40
Entraxe perpendiculaire au fil	a_2	20
Distance d'extrémité	a_{3c}	40
Distance de rive	a_{4c}	30

Les appuis de la dalle ne seront pas à plus de 200 mm des connecteurs verticaux de reprise de tranchant. L'ancrage minimum des connecteurs dans la poutre bois est supérieur à 70 mm, la valeur caractéristique d'arrachement d'une paire de connecteur à 90° dans le bois est de 4,7 kN.

Les connecteurs perpendiculaires de reprise d'appuis doivent s'ancrer dans la solive bois d'au moins 70 % de la hauteur de la poutre, sinon prévoir un frettage par vis. Le cisaillement dans le bois et dans la dalle béton doit être vérifié.

Le dimensionnement est mené sans tenir compte de l'appui des poutres en bois mais en justifiant :

- Le transfert de l'effort tranchant à l'appui : passage de la section mixte bois/ béton à la section béton seul, est repris par les connecteurs de reprise d'appuis ;
- La résistance à l'effort tranchant de la section béton seul (section armée par des armatures HA ancrées) suivant le chapitre 6.2 de la norme EN 1992-1-1.

2.4.8. Conditions particulières concernant la réalisation des trémies et autres réservations

Les trémies influencent la résistance des planchers mixtes bois béton. La largeur efficace prendra en compte les trémies et devra être diminuée si besoin.

Dans le cas où la trémie est entre 2 solives prévoir un renfort de ferraillage de rive suivant la norme NF EN 1992-1-1.

Dans le cas où une ou plusieurs solives sont coupées par un chevêtre, les assemblages des solives boiteuses contre le chevêtre et du chevêtre contre les solives d'enchevêtrures seront justifiées suivant la norme NF EN 1995-1-1 et les règles de l'art en charpente bois. La dalle béton sera renforcée par des armatures de renfort ou treillis supplémentaires suivant NF EN 1992-1-1. (Voir Figure A-18 au §2.9.5)

Les solives d'enchevêtrure doivent être vérifiées avec les reports de charge correspondants et les largeurs effectives réelles. Il est possible de doubler les solives d'enchevêtrure au moyen de vis SFS WT.

2.4.9. Justifications particulières pour les cas autres que les travées isostatiques

Les cas de poutres hyperstatiques (3 ou 4 appuis) : Le dimensionnement de la dalle béton selon la NF EN 1992-1-1 inclut l'éventuel ajout d'armatures supplémentaires dîtes "chapeaux" au droit des appuis intermédiaires pour reprendre un effort de traction en partie haute du béton.

<u>Le cas de porte-à-faux</u> : La dalle béton et la partie bois ne devront pas être connectées sur les parties en porte-à-faux d'un plancher.

Le dimensionnement des poutres avec un ou plusieurs appuis intermédiaires doit vérifier les points suivants :

- Calcul de l'armature en chapeaux sur l'appui intermédiaire suivant la NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale et répartition de la section totale des armatures tendues A_s sur la largeur participante (l_{eff}) de la poutre mixte ;
- Calculer les densités de connecteurs SFS VB en calculant le cisaillement à l'interface bois béton avec la méthode gamma (voir §1.4 de l'Avis Technique) en prenant les modules de flexion EI_{eff} sur les zones de moment positifs (béton comprimé) et sur les zones de moment négatifs (béton tendu) ;
- Vérifier l'effort tranchant, le cisaillement longitudinal et les contraintes d'arrête dans la poutre bois sur l'appui intermédiaire.

2.5. Mise en Œuvre

2.5.1. Généralité

La mise en œuvre est effectuée par toute entreprise de maçonnerie, de gros œuvre, de charpente ou de menuiserie bois. Les techniciens de SFS se tiennent à disposition pour une formation sur la mise en œuvre des connecteurs SFS VB, la fourniture de fiches d'autocontrôle pour garantir un suivi des étapes du procédé et une bonne mise en œuvre.

Le système de plancher mixte bois béton SFS VB peut être utilisé pour la réalisation de plancher neuf ou en réhabilitation de plancher existant.

Dans tous les cas les règles de sécurité des personnes et de protection des ouvrages en cours de construction devront être respectées.

2.5.2. Etudes d'exécution

Les études d'exécution sont réalisées par un bureau d'étude bois béton suivant les indications du présent dossier. SFS met à disposition des bureaux d'études un logiciel de calcul permettant de vérifier les différents éléments du procédé. SFS Intec dispense aussi des formations aux bureaux d'étude pour l'utilisation du logiciel et l'assistance chantier.

Dans tous les cas la responsabilité du dimensionnement des planchers mixtes bois béton avec les connecteurs SFS VB est portée par le bureau d'étude missionné sur le chantier.

Le dossier de dimensionnement remis par le bureau d'étude doit comprendre les éléments suivants :

- Note de calcul des poutres mixtes bois-béton ;
- Plan de coffrage incluant le repérage des poutres connectées et l'étayement si nécessaire ;
- Plan du ferraillage de la dalle et ses ancrages ;
- Plan de mise en œuvre des connecteurs VB pour chaque type de poutre connecté ;
- Carnet de détail en fonction des cas. (Appuis, renforcement, trémie, ancrage…).

2.5.3. Pose dans le cas d'une rénovation

En cas de rénovation de plancher bois existant un diagnostic préalable doit être réalisé par un expert et il doit contrôler particulièrement les points suivants :

- Etat sanitaire et qualité des bois en place ;
- Qualité des appuis de solive sur mur support et poutre porteuse ;

- Etat et qualité du platelage bois ou autre panneau de plancher ;
- Planéité et niveau du plancher ;
- L'état de déformation et de fissuration des poutres bois ;
- Possibilité d'étayement des solives ;
- Nettoyer et contrôler les poutres et les appuis.

Il devra établir les hypothèses de calcul suivantes :

- Sections résiduelles efficaces des poutres bois ;
- L'essence de bois utilisée et la classe technologique (conformément à la norme NF B 52 001) ;
- Longueur portante d'appuis des poutres bois.

Les différentes étapes de réalisation d'un plancher mixte bois-béton avec les connecteurs VB en cas de rénovation de plancher bois existant se déroulent de la façon suivante :

- Retirer le revêtement de sol jusqu'à la couche de planches pouvant être utilisée comme coffrage ;
- Nettoyer et contrôler les poutres et les appuis ;
- Vérifier les sections résiduelles efficaces, par le biais d'une vérification d'intégrité biologique ;
- Vérifier l'état de déformation et de fissuration ;
- Identifier l'essence utilisée et la classe technologique (conformément à la norme NF B 52 001) ;
- Remplacer les planches et les poutres ne présentant pas une capacité portante suffisante. Fixer correctement les planches avec des vis HT de SFS ;
- Poser des étais au niveau du tiers médian de la portée ;
- Poser une couche intercalaire sur la couche de planches en respectant le recouvrement demandé par le film et en effectuant une remontée en périphérie de dalle et du chevêtre, par exemple :
- 1 feuille en plastique de 0,2 mm en PE, bien faire chevaucher les joints de 20 cm ;
- Papier huilé ou feuille perméable à la vapeur.
- Les connecteurs SFS VB-48-7,5xL mm doivent être posés suivant les plans de la note de calcul établis par le bureau d'étude, avec la machine de pose CF-VB/L.

Il est conseillé d'utiliser une règle ou un tasseau bois gradué avec l'inclinaison et l'entraxe des connecteurs. L'utilisation de la visseuse SFS CF-VB/L permet une pose facile et rationnelle des connecteurs SFS VB. La profondeur de pénétration des connecteurs se règle à l'aide de la butée de profondeur. Les connecteurs sont vissés à plein régime (vitesse 1 = 900/min) dans les poutres, à 45° et conformément au plan de pose.

- Poser les aciers d'armatures suivant les recommandations du bureau d'étude ;
- Contrôler l'angle de pose et les entraxes entre les connecteurs SFS VB et les armatures ;
- Couler le béton et le vibrer. Pour assurer une bonne répartition du béton sous les connecteurs, le béton coulé en place doit avoir une classe de consistance S2, S3, S4 ou S5 au sens de la norme NF EN 206-1 (affaissement normalisé au cône d'Abrams supérieur à 5 cm) ;
- Retirer les étais selon les instructions du bureau d'étude.

Dans le cas de rénovation, une attention particulière devra être apportée à l'homogénéité de l'humidité du bois des poutres anciennes et des éventuelles poutres neuves. Un écart de 5% est un maximum admissible.

2.5.4. Pose dans le cas d'une construction neuve

Pour la pose d'un plancher mixte bois-béton en construction neuve les différentes étapes de la construction sont :

- Poser les poutres avec des fixations SFS ;
- Poser le coffrage en continu sur les poutres avec des fixations SFS (HUT ou HT) ;
- Si nécessaire, poser une couche intercalaire sur la couche de planches en respectant le recouvrement demandé par le film et en effectuant une remontée en périphérie de dalle et du chevêtre. Si le fond de coffrage est hydrofuge, scotcher les joints rainure-languette pour garantir l'étanchéité ;
- Poser des étais au niveau du tiers médian de la portée ou suivant le plan d'étayement ;
- Les connecteurs SFS VB-48-7,5*L mm doivent être posés suivant les plans de la note de calcul établis par le bureau d'étude, avec la machine de pose CF-VB/L ;
- Poser les aciers d'armatures suivant les recommandations du bureau d'étude ;
- Couler le béton et le vibrer ;
- Retirer les étais selon les instructions du bureau d'étude.

L'humidité relative de mise en œuvre du bois doit être inférieure à 20%.

2.5.5. Justification de la phase d'approvisionnement des dalles préfabriquées

Dans le cas de solives connectées en atelier, le levage se fera par deux points de levage sous la solive suivant les règles habituelles de levage.

Dans le cas de dalles bois préfabriquées, il faut au minimum quatre points de levage, un point de levage à chaque extrémité des muraillères porteuses des solives. Les solives sont assemblées à la muraillère par vis WT de SFS ou autre.

Dans tous les cas, il est interdit de lever des poutres ou caisson de plancher en se fixant directement sur les têtes des connecteurs.

2.5.6. Cas des préfabrications complètes de dalle bois béton en atelier

Une préfabrication complète de dalle bois béton en atelier est envisageable en respectant les règles de préfabrication des dalles béton.

Un autocontrôle des caissons bois, de la pose des connecteurs et du coulage de la dalle béton devra être effectué.

La dalle béton peut être coulée en atelier sur table séchante.

Les prescriptions de manutention et transport décrites précédemment seront respectées.

2.5.7. Description des dispositifs d'étaiement en phase provisoire

Il est recommandé, lors de la phase de bétonnage et de durcissement du béton, de soutenir les poutres par une ou plusieurs rangées d'étais que l'on place au niveau du tiers médian de la portée. Si les conditions de chantier ne permettent pas l'étayement des solives pour le coulage du béton, le signaler au bureau d'étude qui vérifiera les solives sans étayement en phase de coulage.

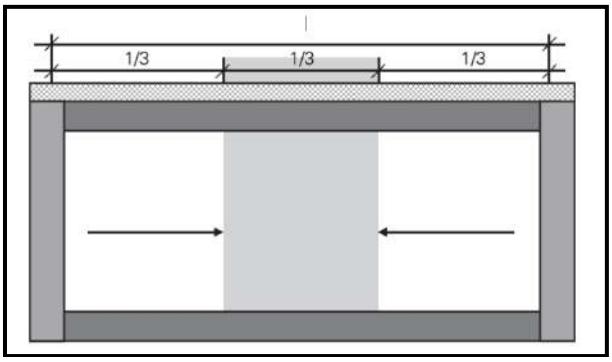


Figure 2 - Zone d'étaiement

Prévoir un étayage suffisant à l'endroit où le béton est déversé en masse.

Il est possible pour des petites portées de ne pas étayer les poutres en bois lors du bétonnage. Dans ce cas, il faut tenir compte de la flèche engendrée par la surcharge du béton frais.

Dans le cas d'un coulage de béton avec une poutre contre-flèchée, étayée, il faut tirer le béton avec une contre-flèche et garantir une épaisseur constante de la dalle béton sur la longueur de la poutre.

2.5.8. Description du plan d'assurance qualité mise en œuvre

Des modèles de fiche d'autocontrôle sont fournies au §2.9.1 du Dossier Technique. Ces fiches listent les différents points sur lesquels l'attention doit être portée lors de la mise en œuvre. Il existe deux modèles de fiche, une pour l'autocontrôle des planchers existants et l'autre pour l'autocontrôle des planchers neufs.

2.5.9. Dispositions constructives des planchers

2.5.9.1. Description des planchers

Les planchers sont en bois ou élément de structure à base de bois. Les planchers sont sur 2 ou 3 appuis. Dans le cas de rénovation les solives doivent être remises de niveau par calage sous les appuis ou coulage de résine dessus.

Le repérage de la position des connecteurs sur les poutres en bois se fait suivant les plans d'exécution fournis par le bureau d'étude. Il existe deux types de calepinage : constant et par palier. Dans le cas d'une répartition des connecteurs avec entraxe variable, l'entraxe maximum ne sera pas supérieur à quatre fois le plus petit entraxe.

Les connecteurs doivent être posés avec une inclinaison angulaire comprise entre 45° et 50° et entre 130° et 135° par rapport à l'axe des porteurs bois. Le plancher est conçu pour solliciter les connecteurs en traction ou compression axiale. Ce mode de pose garanti une plus grande raideur de liaison et une plus grande résistance par connecteur.

Pour faciliter la mise en œuvre dans le cas où les extrémités de solive sont contre un mur filant, sur une longueur de 50 cm maximum, l'inclinaison des connecteurs SFS VB peut être entre 45° et 50° et entre 85° et 95°. Ce mode de pose 45°/90° doit être prévu par le bureau d'étude.

Un pré perçage à un diamètre de 4 mm est obligatoire dans les bois feuillus de qualité supérieure ou égale à la classe D30.

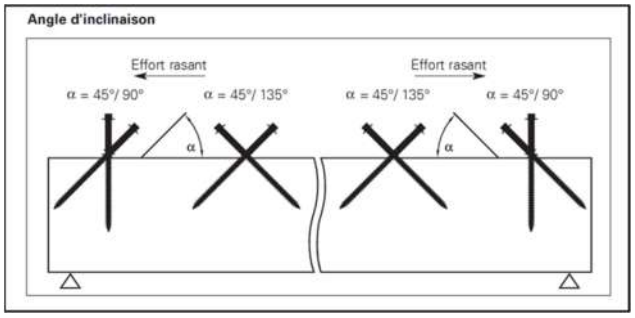


Figure 3 - Mode de pose des connecteurs

Les entraxes et distances aux bords minimum des connecteurs sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 - Entraxe et distance minimum

Ecartement des vis parallèles, a_1	80 mm
Ecartement des vis croisées, a_2	20 mm
Distance aux extrémités, $a_{3,c}$	80 mm
Distance aux bords, $a_{4,c}$	30 mm

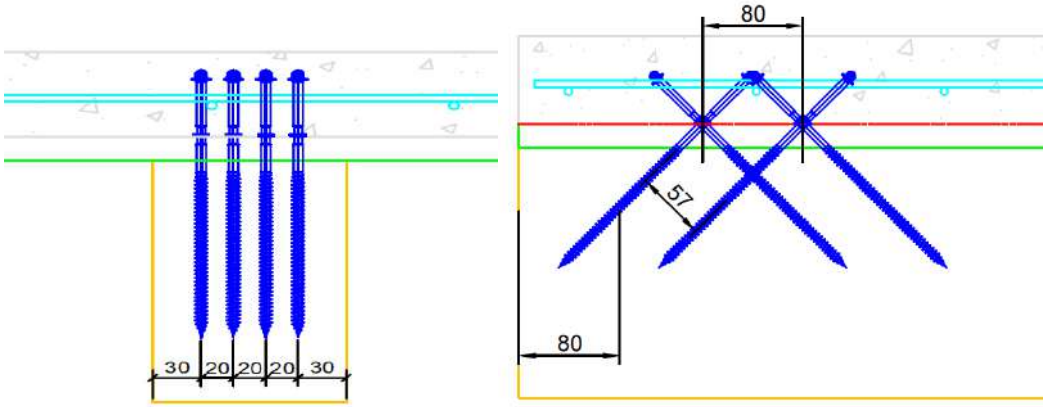


Figure 4 - Entraxe et distance minimum aux bords

2.5.9.2. Description des modalités de réalisation d'ouvertures dans le plancher.

Les trémies peuvent être réalisées suivant 2 principes :

- Trémies inférieures au vide entre deux solives : "e", dans ce cas la longueur de trémie est inférieure à "e" et il faut prévoir un renfort d'armature dans la dalle béton sur une profondeur de "e" dans chaque coin.
- Trémies coupant une solive : réaliser un chevêtre et prévoir un renforcement des poutres porteuses de chevêtre (doublage des poutres en général et liaison entre elles par vis SFS WT) suivant l'étude. L'armature métallique doit être renforcée dans les angles de la trémie.

Dans le cas d'un bâtiment en zone sismique on limitera la trémie à 4 m².

Par principe l'armature métallique doit être doublée de chaque côté de la trémie sur une profondeur égale à la largeur de la trémie.

2.5.9.3. Description des jonctions entre les planchers et les murs.

Les jonctions entre les planchers mixtes bois-béton est les murs porteurs peuvent se décomposer en plusieurs catégories (bâtiment en zone sismique ou non) :

- Structure porteuse en bois ;
- Structure porteuse en béton ou maçonnerie.

Voir les détails suivant les figures A-1 à A-9 et A-14 à A-17 (paragraphe 2.9.5).

2.5.9.4. Description des interfaces avec les éléments de second œuvre.

Les interfaces avec les éléments de second œuvre et en particulier les cloisons se font suivant les mêmes conditions que dans le cas d'un plancher béton traditionnel pour les éléments supérieurs et ainsi que dans le cas d'un plancher bois pour les éléments inférieurs.

2.5.9.5. Description des incorporations de gaines et de fourreaux.

Ces éléments peuvent être incorporés dans les dallages armés sous réserve de respecter les enrobages minimums autours des connecteurs et des armatures métalliques.

2.5.9.6. Description des modalités de réalisation des appuis de continuité.

Les appuis de continuité se réalisent suivant les prescriptions du bureau d'étude. On peut dimensionner les solives sur plusieurs appuis, dans ce cas il faut prévoir un renfort d'armature sur les appuis intermédiaires suivant le calcul du bureau d'étude.

2.5.9.7. Description des modalités de réalisation des appuis sous la dalle béton.

L'appui du procédé peut être réalisé sous la dalle béton. Prévoir un étaiement des extrémités des solives bois, la pose de connecteurs d'about perpendiculaire pour la reprise de l'effort tranchant, l'ajout d'épingle pour la reprise du cisaillement en bout de dalle (Voir Figure A-4, paragraphe 2.9.5).

2.5.9.8. Mise en œuvre des connecteurs SFS VB

Compte tenu des particularités géométriques du connecteur SFS VB, particularités qui en font sa spécificité, la réalisation du vissage dans les poutres en bois doit être réalisée exclusivement avec la visseuse SFS CF-VB/L suivant les angles et entraxe donnés par les plans d'exécution du bureau d'étude.

Dans le cas d'une mise en œuvre des connecteurs dans des poutres en bois ancien, particulièrement dur (chêne ou autre feuillus de masse volumique moyenne supérieur à 500 kg/m^3), il convient de réaliser un pré-trou de diamètre inférieur avant de réaliser le vissage au moyen de la machine CF-VB/L (un pré-perçage avec une mèche à bois de diamètre 4 mm sur une longueur de 50 mm).

Par ailleurs, le respect des distances minimales entre connecteurs et entre connecteurs et le bord libre des poutres en bois (distances indiquées au chapitre 7.8.1 du dossier technique) est une condition impérative permettant de s'affranchir des risques éventuels de fendage des poutres à la mise en œuvre ou en service.

Les angles de pose sont à respecter avec une tolérance de ±5°. Les connecteurs SFS VB sont vissés jusqu'à la collerette de butée de profondeur.

2.5.10. Assistance Technique

Les connecteurs SFS VB sont commercialisés exclusivement par la société SFS Group SAS basé à Valence en France.

SFS met à disposition des bureaux d'étude un logiciel de dimensionnement HBV sur son site internet : www.sfsintec.fr

Le logiciel HBV permet de vérifier les sections de bois, du béton et la quantité de connecteur. La vérification de la résistance à chaud et les vérifications aux ELS sont aussi faite.

Le dimensionnement se fait suivant l'Annexe B de l'Eurocode 5 et les caractéristiques données par l'ETE spécifique au procédé.

Le système SFS VB doit être mis en œuvre par une entreprise de charpente ou de maçonnerie qualifiée. L'étude préalable est faite par un bureau d'étude qualifié et en respectant les préconisations techniques propres au système mixte VB de SFS.

Une assistance technique pour le dimensionnement et la pose des connecteurs peut être proposée par SFS. En particulier SFS propose en location ou en vente, pour les clients utilisateurs, des machines de pose CF-VB/L.

2.6. Utilisation en éléments porteurs et support d'étanchéité

2.6.1. Principe d'utilisation en toiture-terrasse

Le procédé de plancher mixte bois-béton SFS VB peut être utilisé en toiture terrasse comme élément porteur d'étanchéité type A conformément au NF DTU 20.12. Il est employé en France métropolitaine en climat de plaine. L'utilisation du procédé SFS en climat de montage (altitude supérieure à 900 m) n'est pas visée dans le cadre du présent Document Technique d'Application.

La fonction d'étanchéité n'est pas réalisée par le procédé SFS VB, il faudra toujours prévoir une étanchéité par-dessus le plancher mixte bois-béton en se reportant au DTU 43.1.

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

La planéité de l'élément porteur doit être conforme aux NF DTU 20.12 et NF DTU 43.1.

La présence d'un pare-vapeur entre la dalle béton collaborante et l'isolant est obligatoire et soumis aux mêmes exigences que celles décrites dans le DTU 43.1.

La préparation du support est conforme au NF DTU 20.12 et NF DTU 43.1.

Les reliefs en béton solidaires du plancher sont conformes au NF DTU 20.12 et à son amendement A2, les costières sont admises dans la limite d'application du NF DTU 43.1.

Lorsque les reliefs sont en bois massif (panneaux CLT à usage structurel faisant l'objet d'un DTA) ou en panneaux à base de bois conforme au NF DTU 43.4 fixé sur la façade en ossature bois, les relevés d'étanchéité sont réalisés sur une costière métallique fixée mécaniquement dans l'élément porteur en béton d'épaisseur minimale de 80 mm en respectant la profondeur minimale d'ancrage de la fixation.

Peuvent être mis en œuvre sur le procédé SFS VB, les complexes d'étanchéité, les procédés isolants support bénéficiant d'un Document Technique d'Application et les procédés d'isolation inversée aptes à cette utilisation, visant l'emploi en pente nulle sur élément porteur en béton, en respectant les préconisations suivantes :

- Les fixations mécaniques du revêtement d'étanchéité ou de l'isolant support sont exclues.
- L'implantation des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales est conforme à l'annexe C du NF DTU 20.12 et DTU 60.11 P3.
- La résistance au vent des complexes d'étanchéité est celle indiquée dans leur Avis Techniques.

2.6.2. Domaine d'emploi

Le procédé SFS VB est employé en France métropolitaine en climat de plaine. Le climat de montagne (altitude supérieure à 900 m) n'est pas visé dans ce document.

Le procédé SFS VB est utilisable pour la réalisation de toitures-terrasses conformes au NF DTU 43.1 de pente 0% à 5% pour les utilisations listées ci-dessous :

- Toiture terrasse inaccessible, technique ou à zone techniques en systèmes apparent ou sous protection meuble y compris chemin de circulation ;
- Toiture terrasse accessible aux piétons et au séjour avec dalles sur plots ;
- Toiture terrasse végétalisée extensive ou semi-intensive selon l'Avis technique du système de végétalisation, avec une épaisseur de substrat limitée à 30 cm.

2.6.3. Dimensionnement

Une étude réalisée par SFS a montré une convergence rapide dans les calculs itératifs d'accumulation. La faible sensibilité des planchers mixtes aux amplifications des flèches sous phénomène d'accumulation est due au poids propre non négligeables des complexes de plancher.

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

Critère de fléchissement final dû à toutes les charges de 1/300ème de la portée.

Dans le cas de toiture à rétention temporaire d'eaux pluviales, la hauteur maximale d'eau est calculée en fonction de la position des trop-pleins en ne dépassant pas 9 cm. Ce qui induit une action d'accumulation d'eau pluviale de 100 daN/m².

Dans le cas des toitures terrasses végétalisées avec une épaisseur de substrat maximale de 30 cm (comprenant la couche filtrante, drainante), la masse volumique du système ne doit pas dépasser 2100 kg/m³.

2.6.4. Caractéristiques des matériaux constitutifs

2.6.4.1. Pare-vapeur

Un pare-vapeur en feuilles bitumineuses soudées est posé sur la dalle béton conformément au DTU 43.1 ou au DTA des revêtements d'étanchéité.

Le pare-vapeur remonte contre les relevés et acrotère jusqu'au revêtement d'étanchéité suivant les préconisations des DTA.

2.6.4.2. Isolant

Tous les panneaux isolants non porteur supports d'étanchéité décrit dans le DTU 43.1 (Annexe A.4) ou faisant l'objet d'un DTA peuvent être utilisés du côté extérieur (au-dessus du pare-vapeur).

L'isolation en sous-face des planchers de toiture est exclue du domaine d'emploi du procédé.

2.6.4.3. Revêtement d'étanchéité

Sont admis les revêtements d'étanchéité bicouches en bitume modifié faisant l'objet d'un DTA pour l'emploi sur éléments porteur en maçonnerie en pente nulle pour la destination considérée.

Les prescriptions particulières des DTA du revêtement d'étanchéité en pente nulle s'appliquent.

2.6.4.4. Protection rapportée de l'étanchéité

Conformément au DTU 43.1 la protection rapportée peut être de type meuble (granulats courants) ou dalles sur plots. Une couche de désolidarisation peut être nécessaire.

Le type de protection rapportée en fonction du type de revêtement et du type de toiture est défini dans le DTU 43.1 ou dans les DTA des revêtements d'étanchéité.

2.6.4.5. Végétalisation

La protection du revêtement d'étanchéité peut être faite par une végétalisation prévue à cet effet conformément à son DTA en vigueur, avec une épaisseur de substrat limitée à 30 cm.

2.6.5. Relevé

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

L'équerre pare-vapeur est relevée suffisamment pour permettre un recouvrement avec le revêtement d'étanchéité d'au moins 6 cm.

Le relevé est muni en tête d'un dispositif d'écartement des eaux de ruissellement conformément au DTU 43.1 ou faisant l'objet d'un Avis Technique particulier.

Les relevés d'étanchéité peuvent être mis en œuvre sur :

- Un relief en béton armé conformément au DTU 20.12 ;
- Une costière métallique conformément au DTU 43.1 (fixée mécaniquement dans l'élément porteur en béton d'épaisseur minimale de 8 cm en respectant la profondeur minimale d'ancrage de la fixation).

Dans le cas des différents reliefs de relevés envisagés avec le procédé le domaine d'emploi est le suivant :

Destinations de toitures	Relief béton conforme eu NF DTU 20.12 + A2	Relief béton avec costières métallique conforme au DTU 43.1
Inaccessibles sans rétention des eaux pluviales	Oui	Oui
Inaccessibles avec rétention des eaux pluviales	Oui	Non
Techniques ou à zone technique	Oui	Oui
Avec végétalisation extensive	Oui	Oui
Accessible dalles sur plots	Oui	Non
Avec végétalisation semi-intensive	Oui	Oui

2.6.6. Gestion des eaux pluviales

2.6.6.1. Généralités

Chaque portion de terrasse délimitée par des acrotères, faitage, costière… doit comporter au minimum deux dispositifs d'évacuation des eaux pluviales, soit deux descentes, soit une descente et un trop plein. L'eau accumulée par l'engorgement d'une descente doit pouvoir s'évacuer par une descente voisine ou un trop-plein.

Le dimensionnement et les caractéristiques des évacuations des eaux pluviales doit être conforme au DTU 43.1.

2.6.6.2. Evacuation d'Eaux Pluviales (EEP)

Les Entrées d'Eau Pluviale verticales doivent traverser la dalle béton collaborante entre les poutres bois. Pour cela prévoir une réservation dans la dalle avant coulage en laissant au minimum 10 cm d'enrobage de béton entre les connecteurs SFS VB et le bord de dalle.

L'implantation des dispositifs d'évacuations des eaux pluviales est conforme au NF DTU 20.12 et au NF DTU 60.11 P3.

Toutes les Entrées d'Eaux Pluviales se connectent à une Descente d'Eaux Pluviales (DEP) suivant les préconisations des DTU 43.1

Les entrées d'eau pluviale sont reliées à l'étanchéité par un manchon conformément au DTU 43.1.

2.6.6.3. Trop-plein

Lorsque obligatoires, l'implantation des trop-pleins est conforme au NF DTU 43.1 paragraphe 8.6.1 et NF DTU 20.12 paragraphe C4.4.

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

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

Dans le cas des toitures destinées à la rétention temporaire des eaux pluviales, l'implantation des trop-pleins est conforme au NF DTU 43.1 paragraphe 9.4.4.4. Leur niveau est situé à 0,05 m au-dessus de la couche de protection meuble.

2.6.7. Joint de dilatation

Les joints de dilatation sont réalisés entre deux reliefs béton coulée sur place remontant au-dessus du niveau du revêtement d'étanchéité.

Le raccord des revêtements d'étanchéité se fait suivant les recommandations des DTU 20.1 et 43.1 et des DTA des dispositifs de joint de dilatation prévu pour cet usage.

2.6.8. Mise en œuvre

La dalle béton doit respecter les délais de prise de 28 jours minimum et doit être propre lors de la mise en œuvre du complexe d'étanchéité.

Lorsque le revêtement d'étanchéité est posé en adhérence (sous isolation inversée) ou lorsque le pare-vapeur est adhérent, un contrôle de la siccité de l'élément porteur est à prévoir. Ce contrôle s'effectue par trois mesures par tranche de 500 m², avec au moins trois mesures par chantier. Le taux d'humidité mesuré à la bombe à carbure conformément au NF DTU 53-2 doit être inférieur ou égale à 4.5% en poids.

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

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

Le lot Étanchéité :

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

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

2.7. Résultats expérimentaux

Les différents essais réalisés pour la mise au point du système VB sont récapitulés ci-dessous :

- Rapport 2320 du 11/08/1997 par le laboratoire 2253-14 de l'Université Technique de Munich ;
- Rapport 2321 du 12/08/1997 par le laboratoire 2254-14 de l'Université Technique de Munich ;
- Rapport 249 de juillet 200 par l'institut du bâtiment et de la construction de Zurich ;
- Rapport 269 de septembre 2001 par l'institut du bâtiment et de la construction de Zurich ;
- Rapport de Stage, Cécile Veysseire, Polytech Clermont-Ferrand ;
- Behavioural investigation of timber concrete composite connections: Christophe Gerber University of Technology, Sydney 2012

2.8. Références

2.8.1. Données Environnementales

Le procédé ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale. Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

2.8.2. Autres références

Référence en support d'étanchéité

En France, au moins 24 000 m^2 de panneaux de toitures ont été réalisés avec un revêtement d'étanchéité et plus de 27 000 m^2 en Europe depuis 2001.

Le procédé de planché mixte bois-béton avec les connecteurs VB a été développé dans les années 90. Depuis 2000 SFS a vendu plus de 25 millions de connecteurs en Europe.

En France, SFS Group SAS commercialise les connecteurs VB depuis 2008. Plus de 850 000 connecteurs VB ont été vendus en France, en particulier pour les chantiers suivants :

- Logement à La Milice 1500 m² de plancher préfabriqué de dalle bois et béton en atelier en 2015 ;
- Requalification de l'espace Désiré Colombe à Nantes (44) 560 m² de plancher en 2016 – 2017 local associatif ;
- Campus du Mirail à Toulouse (31) 700 m² de toiture plate pente nul avec prédalle béton en 2017 ;
- Rénovation de la maison des associations à Gignac (13) 70 m² de plancher avec solive en largeur 65 mm en 2017 ;
- Le Twist, Zac Clichy Batignolles Paris, 8000 m² de plancher porté par la dalle béton en 2017 – 2018 ;
- Salle Pratgraussals à Albi (81) 50 m² de plancher avec bac collaborant en fond de coffrage en 2017 ;
- Collège Honoré de Balzac à Azay le Rideaux (37) 500 m² de plancher en 2018 ;
- Rénovation du manoir de la Corbinière au Mans (72) 75 m² de plancher chêne en 2018 ;
- Rénovation de la mairie de Roquebrussanne (13) 100 m² de plancher support de verrière (REI 60) ;
- Plusieurs maisons individuelles sur toute la France depuis 2005.

2.9. Tableaux et figures du Dossier Technique

2.9.1. Fiche d'auto contrôle. Plancher existant

Entreprise : Date de l'autocontrôle :
Nom du chantier :
Lieu du chantier :
Plancher N° :

Maitre d'ouvrage :
Bureau de contrôle :

Etat du plancher existant (fond de coffrage) :
Epaisseur du plancher existant :
Etat des solives existantes :
Section résiduelle des solives existantes :
Porté des solives entre appuis :
Entraxe des solives :
Identification de l'essence de bois des solives :
Traitement insecticide et fongicide (curatif ou préventif) :
Mise en œuvre d'un étaiement provisoire :
Flèche avant étaiement :
Flèche après étaiement :
Déplacement mesuré si le plancher est relevé
Force de soulèvement si le plancher est relevé :
Recouvrement des laies du film de protection du coffrage :
Respect de la procédure de mise en œuvre des connecteurs :
Nom du bureau d'étude qui a vérifié la mise en œuvre avant coulage :
Date de coulage du béton :
Nombre d'éprouvettes de béton réalisées lors du coulage :
Nom du laboratoire mandaté pour réaliser et tester ces éprouvettes :
Mise en place du film de protection après coulage :

Visa de l'entreprise Visa du bureau d'étude

2.9.2. Fiche d'auto contrôle. Plancher neuf

Entreprise : Date de l'autocontrôle :
Nom du chantier :
Lieu du chantier :
Plancher N° :

Maitre d'ouvrage :
Bureau de contrôle :

Mise en œuvre d'un étaiement provisoire :
Flèche avant étaiement :
Flèche après étaiement :
Déplacement mesuré si le plancher est relevé
Force de soulèvement si le plancher est relevé :
Recouvrement des laies du film de protection du coffrage :
Respect de la procédure de mise en œuvre des connecteurs :
Nom du bureau d'étude qui a vérifié la mise en œuvre avant coulage :
Date de coulage du béton :
Nombre d'éprouvettes de béton réalisées lors du coulage :
Nom du laboratoire mandaté pour réaliser et tester ces éprouvettes :
Mise en place du film de protection après coulage :

Visa de l'entreprise Visa du bureau d'étude

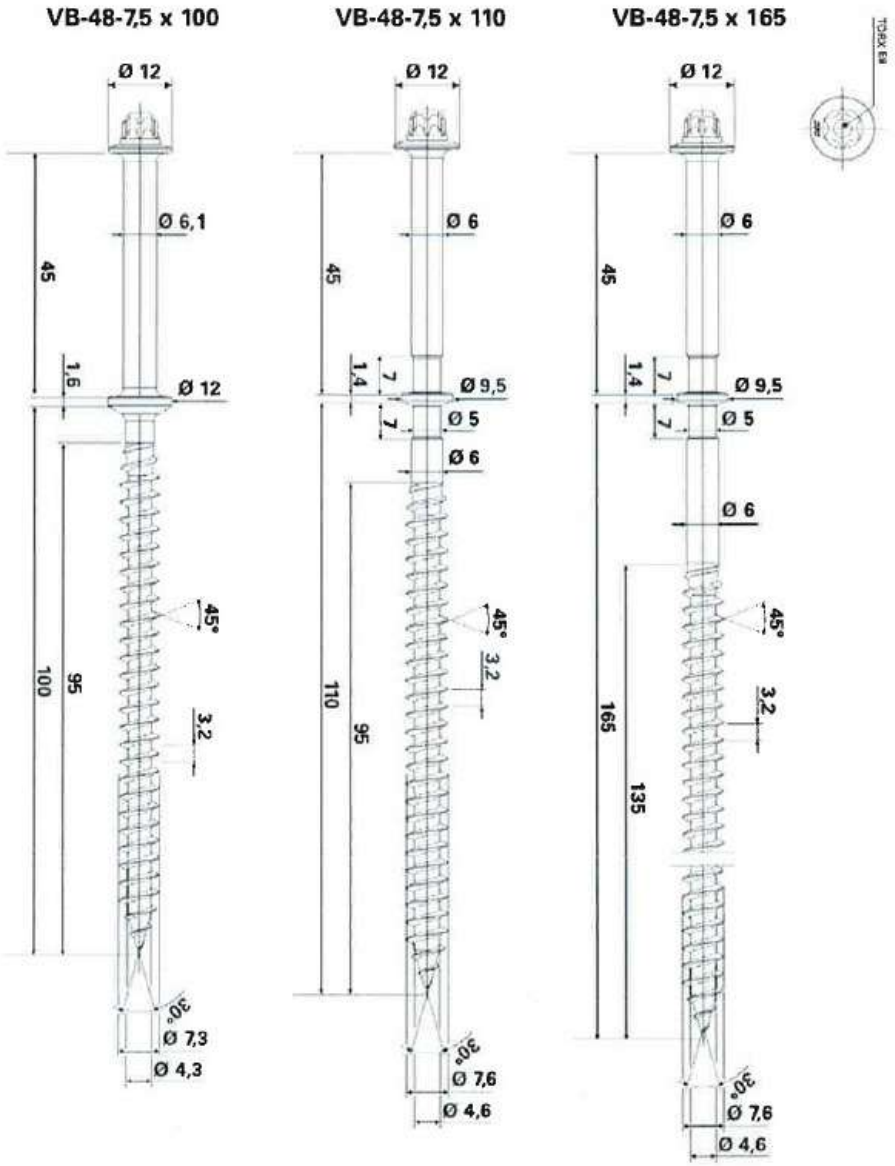
2.9.3. Fiche technique Acoustique

Un projet de recherche a permis de déterminer des valeurs d'atténuation acoustique au bruit d'impact suivant différentes configurations, ces valeurs sont présentées précédées d'un X dans le tableau ci-dessous. Le premier nombre indique le niveau de bruit de choc normalisé pondéré $L_{n,w}$ selon EN ISO 140-6. Les coefficients d'adaptation de spectre CI,50-2500 sont indiqués entre parenthèses après le niveau de bruit de choc normalisé pondéré. Le deuxième nombre indique l'indice d'affaiblissement acoustique pondéré Rw selon EN ISO 140-3. Les coefficients d'adaptation de spectre C50-5000 et Ctr,50-5000 sont indiqués dans cet ordre, entre parenthèses, à la suite de l'indice d'affaiblissement acoustique pondéré.

Les autres valeurs ont été estimées selon des modèles développés dans le cadre du même projet de recherche, avec indication de l'écart type moyen. Une fiche technique spécifique permet d'estimer l'atténuation acoustique au bruit de choc et la correction pour transmission indirecte

		Plancher bois ouvert	Plancher en poutres bois fermé avec entrevous		Plancher en bois massif
Avant rénovation	Plancher brut	Planches 24 mm Poutres bois 220 mm	Planches 24 mm Poutres bois 220 mm Entrevous m' = 80 kg/m² Enduit sur lattis de roseaux m' = 26 kg/m²		(Planches 24 mm) Poutres bois 340 mm Poutres/garnissage (Enduit s.l.r. m'=15 kg/m²)
		X 217/218 $L_{n,w}$ = 92 (-5) dB R_w = 23 (0; -3) dB	**X 11/12** $L_{n,w}$ = 65 (0) dB R_w = 50 (-1; -10) dB		**X 13/14** $L_{n,w}$ = 81 (-7) dB R_w = 43 (0; -3) dB **X 15/16** (Planches) $L_{n,w}$ = 72 (-6) dB R_w = 46 (0; -4) dB **X 17/18** (Planches et crépi) $L_{n,w}$ = 68 (-2) dB R_w = 47 (0; -3) dB
Après rénovation	Plancher brut	Béton 100 mm Coffrage bois 24 mm Poutres bois 220 mm	Béton 70 mm Coffrage bois 24 mm Poutres bois 220 mm Entrevous m'= 80 kg/m² Enduit s.l.r. m'= 26 kg/m²	Béton 100 mm Coffrage bois 24 mm Poutres bois 220 mm Entrevous m'= 80 kg/m² Enduit s.l.r. m'= 26 kg/m²	Béton 60 mm Poutres bois 340 mm Dalle/béton Enduit s.l.r. m'=15 kg/m²
		X 167/168 $L_{n,w}$ = 85 (-13) dB R_w = 52 (-1; -6) dB	**X 123/124** $L_{n,w}$ = 62 (-2) dB R_w = 59 (-2; -13) dB	**X 165/166** $L_{n,w}$ = 60 (-4) dB R_w = 62 (-2; -13) dB	**X 57/58** $L_{n,w}$ = 72 (-6) dB R_w = 55 (0; -6) dB
Structure de plancher	Chape en béton 50 mm Laine de roche 40 mm	**X 169/170** $L_{n,w}$ = 49 (2) dB R_w = 69 (-6; -20) dB	**X 121/122** $L_{n,w}$ = 38 (11) dB R_w = 78 (-14; -29) dB	**X 155/156** $L_{n,w}$ = 40 (9) dB R_w = 77 (-12; -27) dB	**X 61/62** $L_{n,w}$ = 38 (2) dB R_w = 76 (-11; -26) dB
	Plâtre armé de fibres 20 mm Fibres de bois 10 mm	$L_{n,w} \approx$ 64 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 53 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 53 dB σ = 2 dB	**X 59/60** $L_{n,w}$ = 56 (0) dB R_w = 59 (-2; -10) dB
	Chape en béton 50 mm PSE 20 mm	$L_{n,w} \approx$ 56 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 46 dB σ = 2 dB	**X 157/158** $L_{n,w}$ = 44 (7) dB R_w = 73 (-11; -25) dB **X 159** (avec sol stratifié) $L_{n,w}$ = 43 (7) dB	**X 63/64** $L_{n,w}$ = 49 (1) dB R_w = 70 (-5; -19) dB
	Plâtre armé de fibres 25 mm Fibres de bois 20 mm	$L_{n,w} \approx$ 62 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 51 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 51 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 55 dB σ = 2 dB
	Chape en béton 50 mm Laine de roche 30 mm PSE 20 mm	$L_{n,w} \approx$ 50 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 39 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 40 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 39 dB σ = 2 dB
	Dérivé du bois 22 mm Fibres de bois 20 mm	$L_{n,w} \approx$ 64 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 52 dB σ = 2 dB	**X 161/162** $L_{n,w}$ = 50 (3) dB R_w = 65 (-6; -18) dB	$L_{n,w} \approx$ 57 dB σ = 2 dB
	Chape sèche 40 mm (Agepan TEP)	$L_{n,w} \approx$ 64 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 52 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 52 dB σ = 2 dB	$L_{n,w} \approx$ 57 dB σ = 2 dB

2.9.4. Vis SFS VB



2.9.5. Dispositions Constructives

Figure A-1. 1 MOB : Mur ossature bois, appuis dans le mur
Figure A-2. 2a Bois sis mur : Mur Ossature Bois, Sismique, Muraillère dans mur
Figure A-3. 2b MOB sis CLT : Mur CLT, Sismique, ancrage dans le mur
Figure A-4. 2c MOB sis caisson : Mur Bois, Sismique, Caisson de plancher
Figure A-5. 2d MOB sis coupe : Mur Bois, Sismique, Solive connectée contre MOB
Figure A-6. 3 Béton : Mur maçonnée - béton ; Appui sur muraillère bois
Figure A-7. 4 Béton sis : Mur maçonné - béton ; Sismique - Appui sabot
Figure A-8. 5 Maço : Mur maçonné ; Appui dans le mur
Figure A-9. 6 Porteuse LC : Appui intermédiaire ; Porteuse Lamellé-Collé
Figure A-10. 7a Détail traitement de toiture terrasse inaccessible. Mur support en béton
Figure A-11. 7b Détail traitement de toiture terrasse végétalisée en l'absence de zone stérile – Mur béton
Figure A-12. 8a Détail toiture terrasse avec dalles sur plots
Figure A-13. 8b Détail toiture terrasse autoprotégée
Figure A-14. 8c Détail toiture terrasse autoprotégée
Figure A-15. 9 Appui béton : Mur maçonné - Béton ; Appui sous la dalle béton
Figure A-16. 10 app int : Appui intermédiaire
Figure A-17. 11 Renformis : Plafond à la française ; Renformis sur poutre porteuse bois
Figure A-18. 12 Trémie : Trémie, chevêtre et ouverture ; vue en plan et coupe

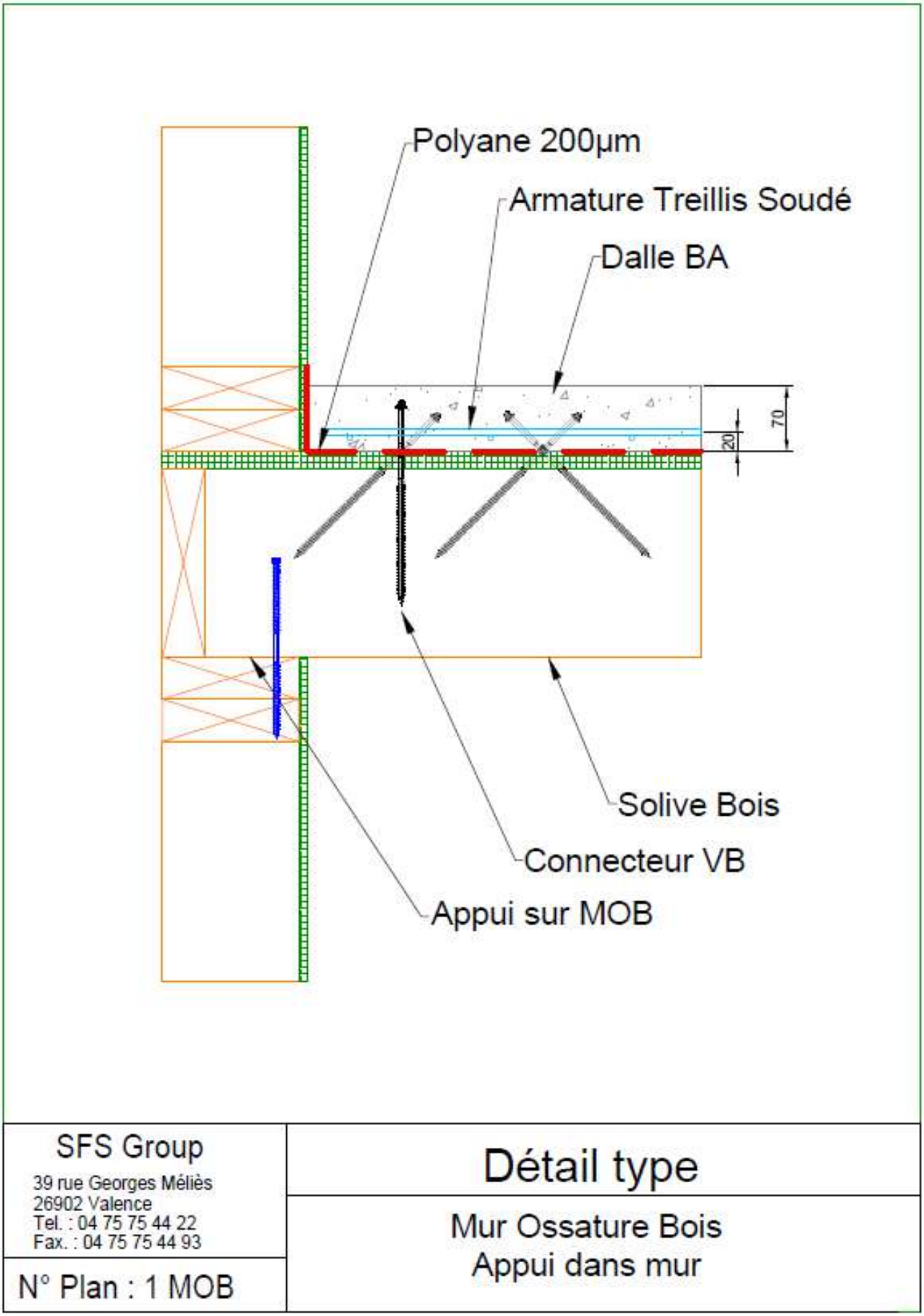


Figure A-1 : Détail appui dans Mur Ossature Bois 1

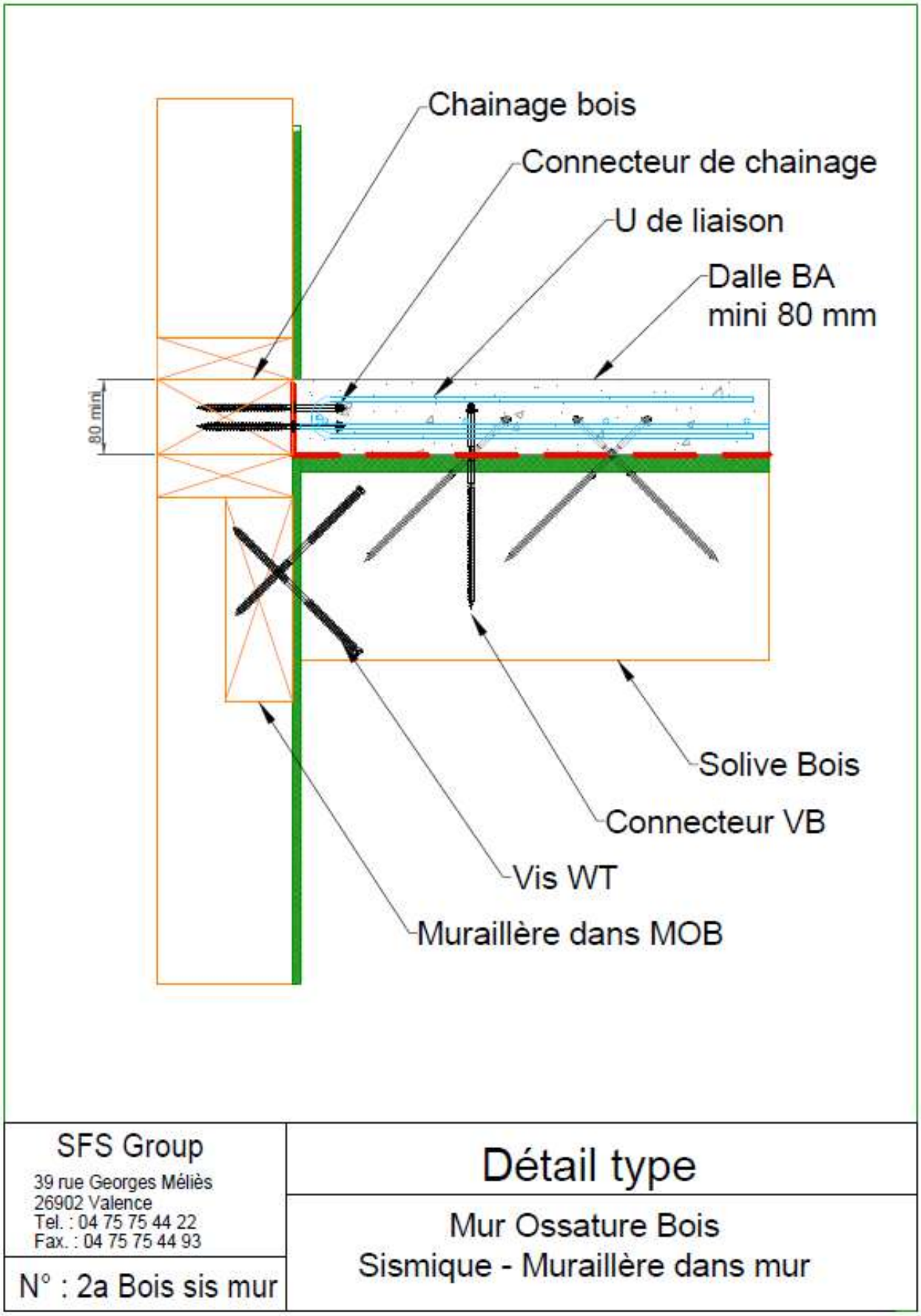


Figure A-2 : Détail appui dans Mur Ossature Bois en situation sismique 1

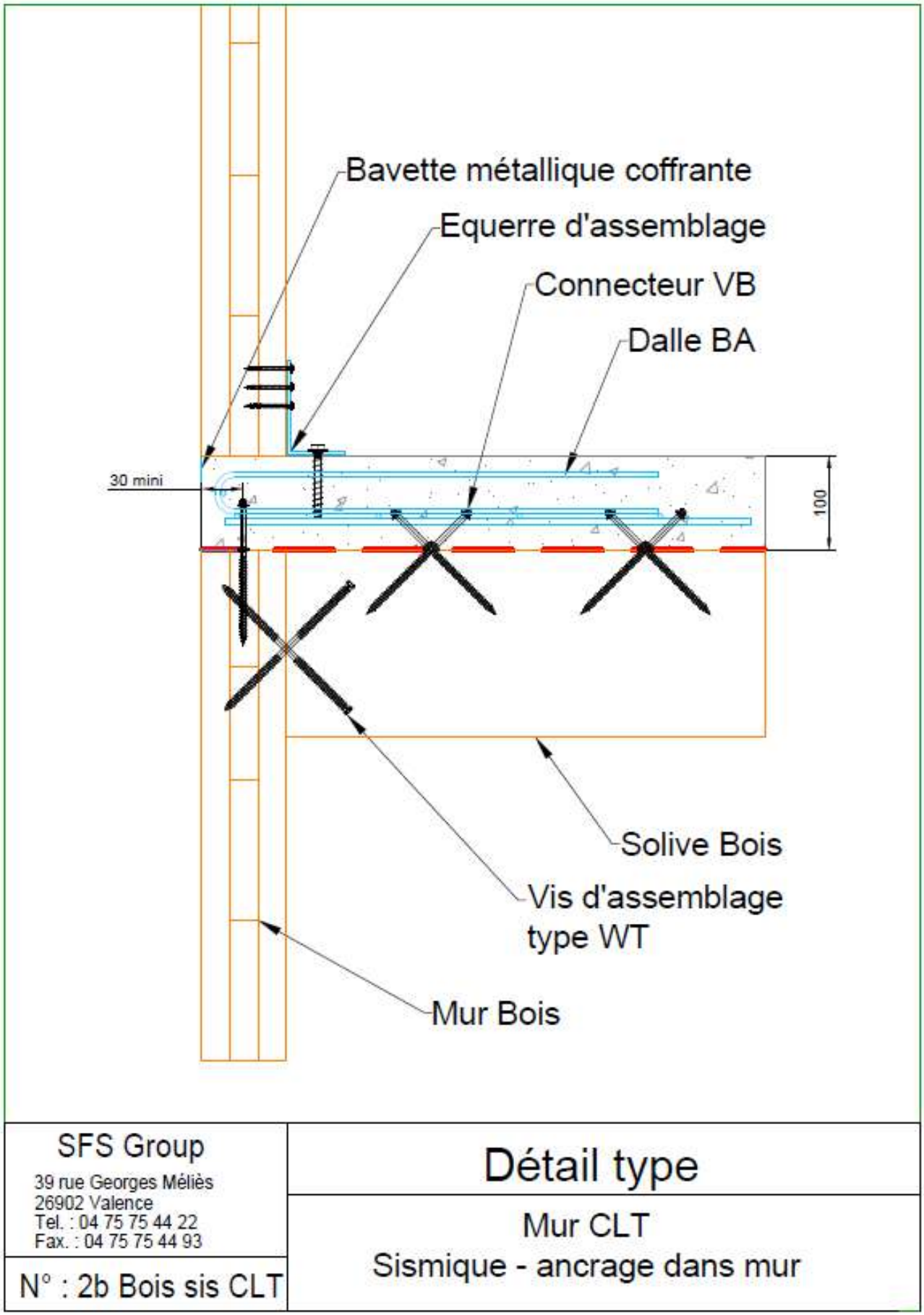


Figure A-3 : Détail appui dans Mur CLT en situation sismique

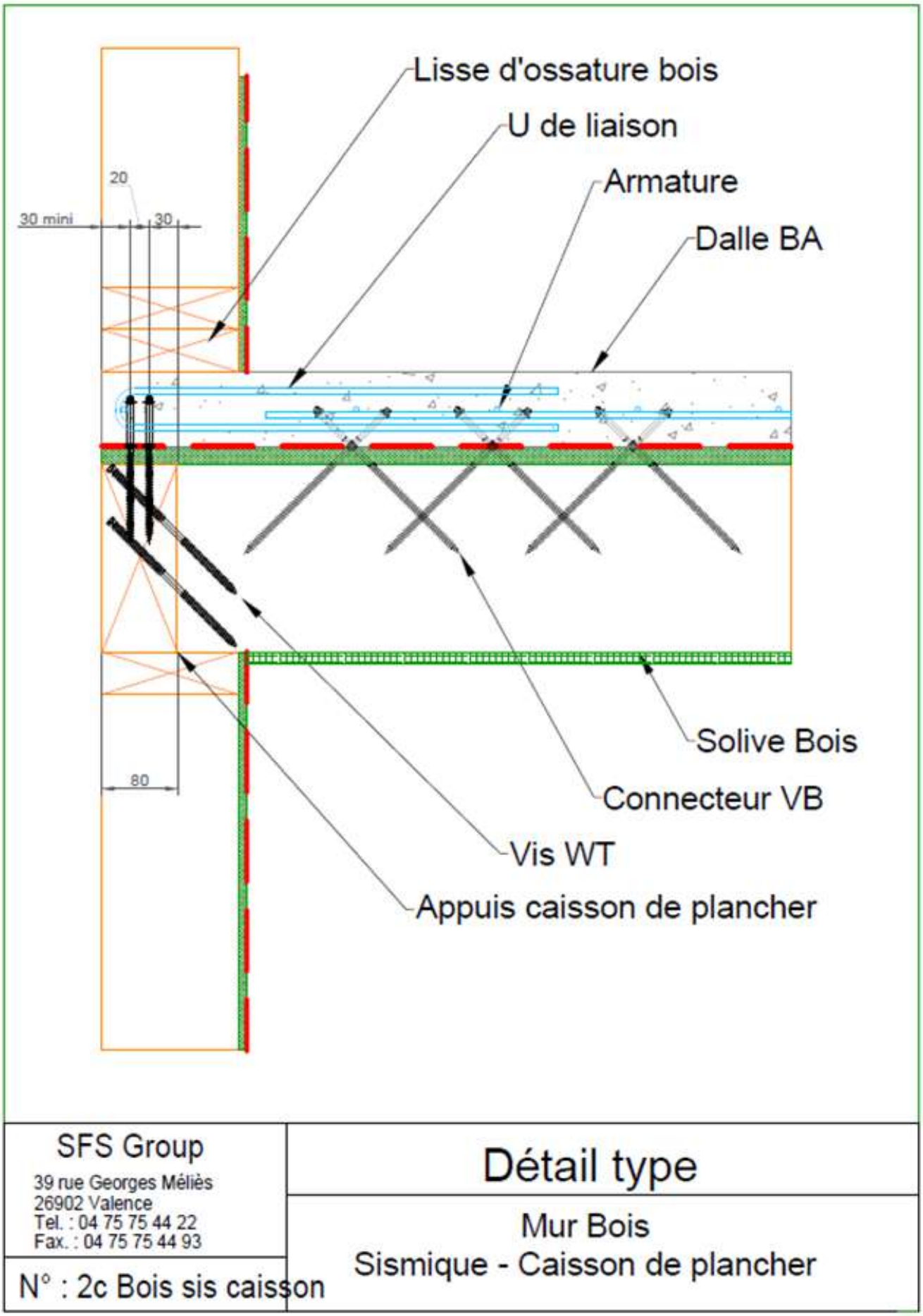


Figure A-4 : Détail appui dans Mur Ossature Bois en situation sismique 3

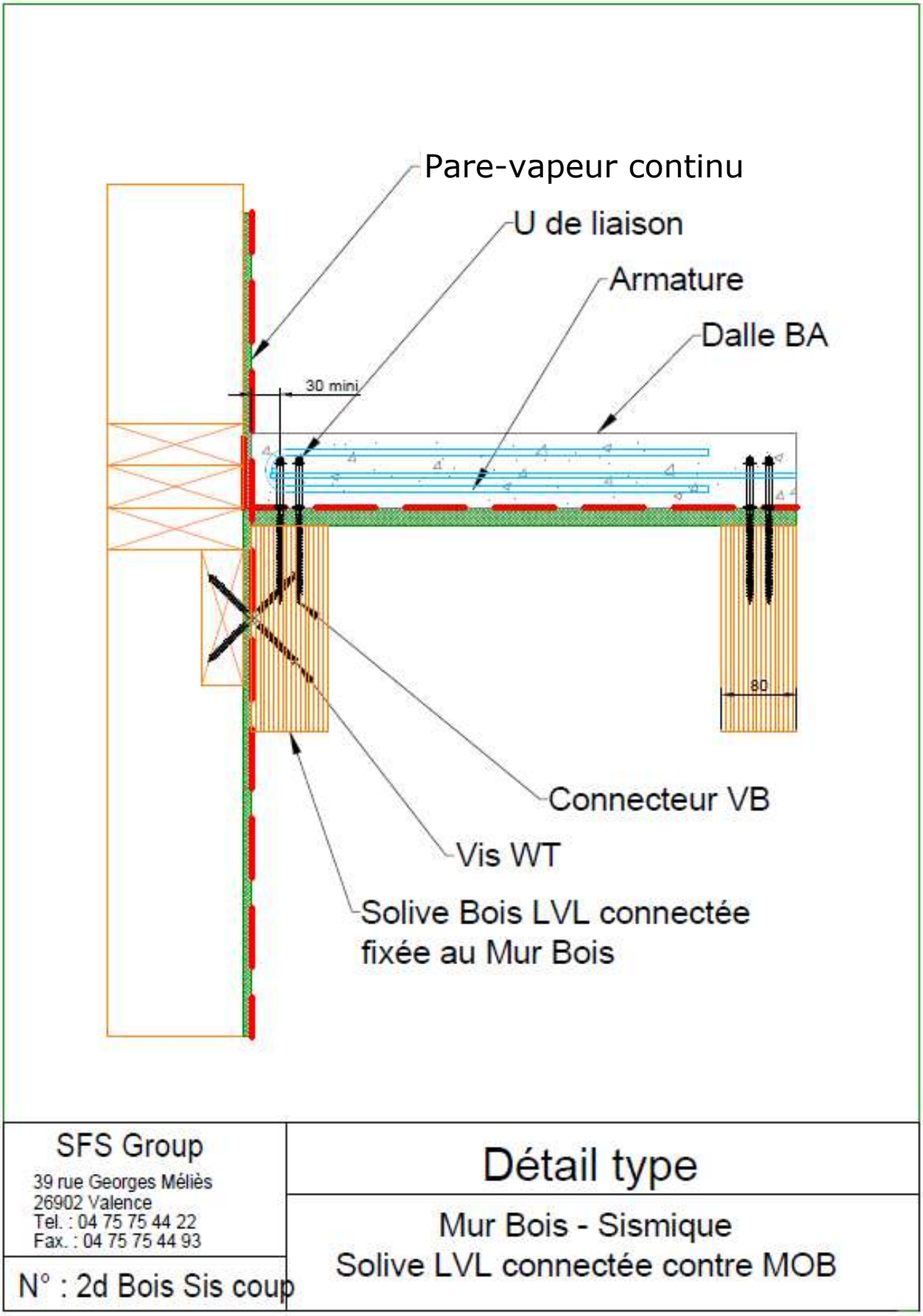


Figure A-5 : Détail solive en coupe contre mur ossature bois

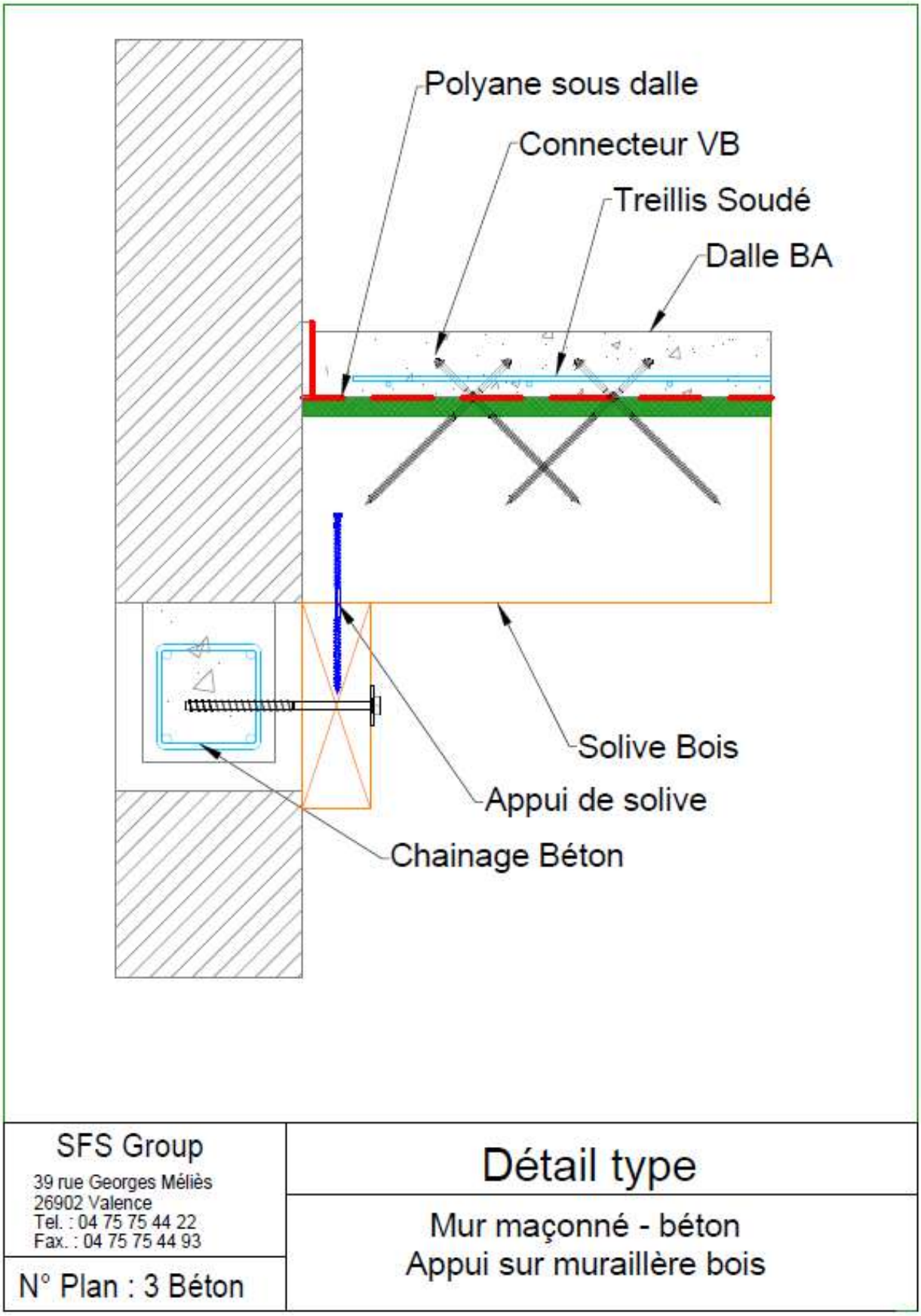


Figure A-6 : Détail appui dans mur maçonné ou béton 1

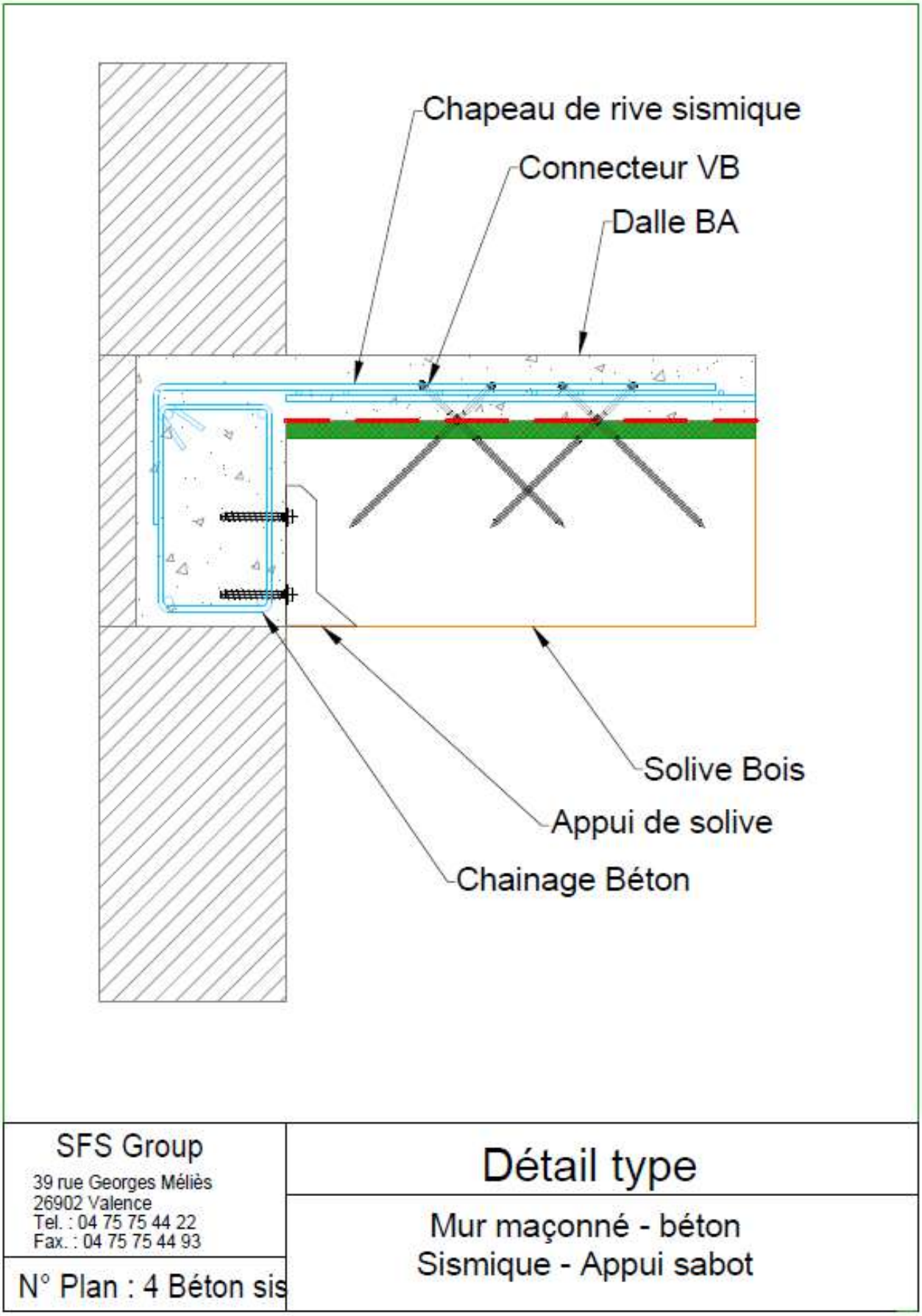


Figure A-7 : Détail appui dans mur maçonné ou béton 2

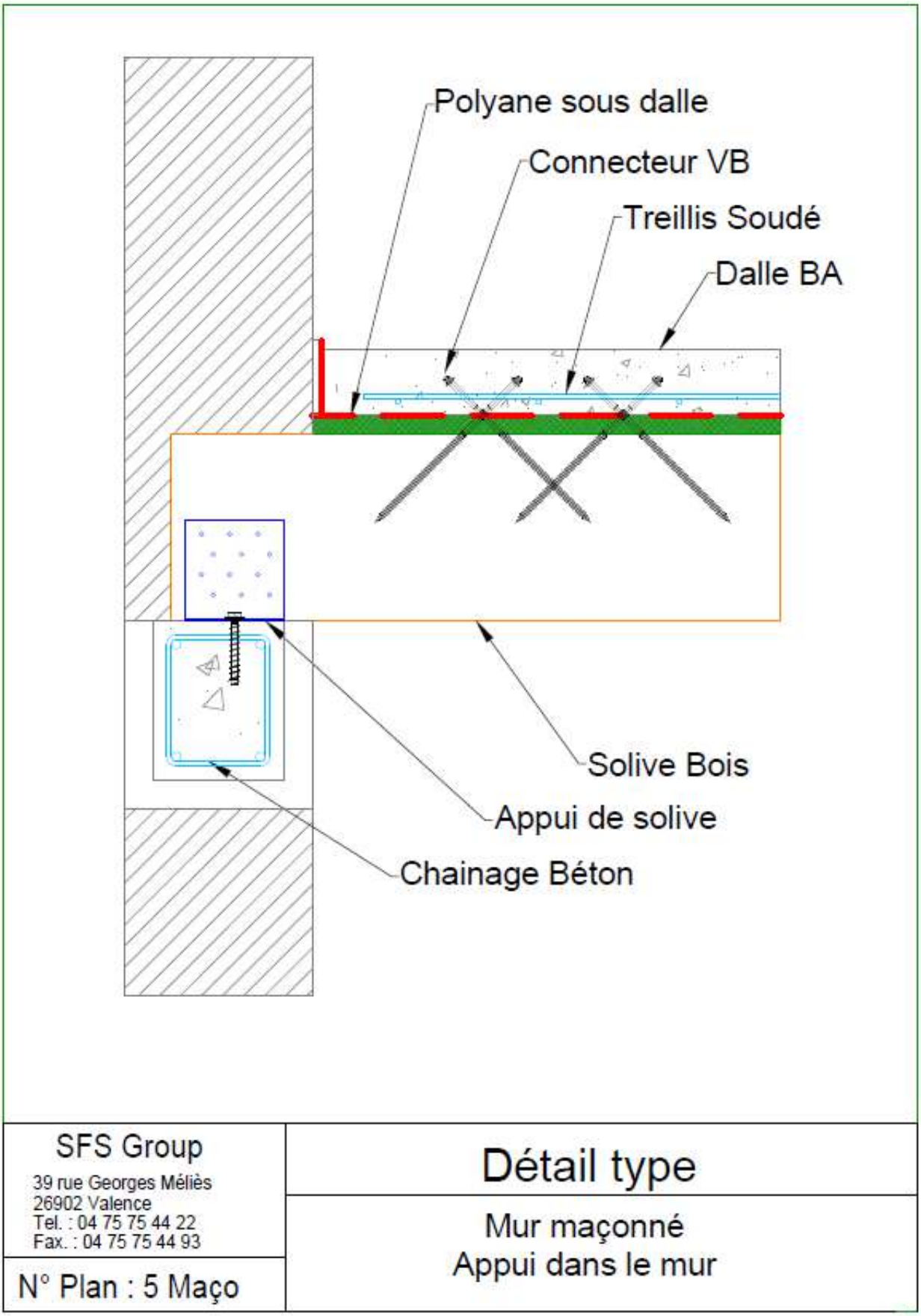


Figure A-8 : Détail appui dans mur maçonné ou béton 3

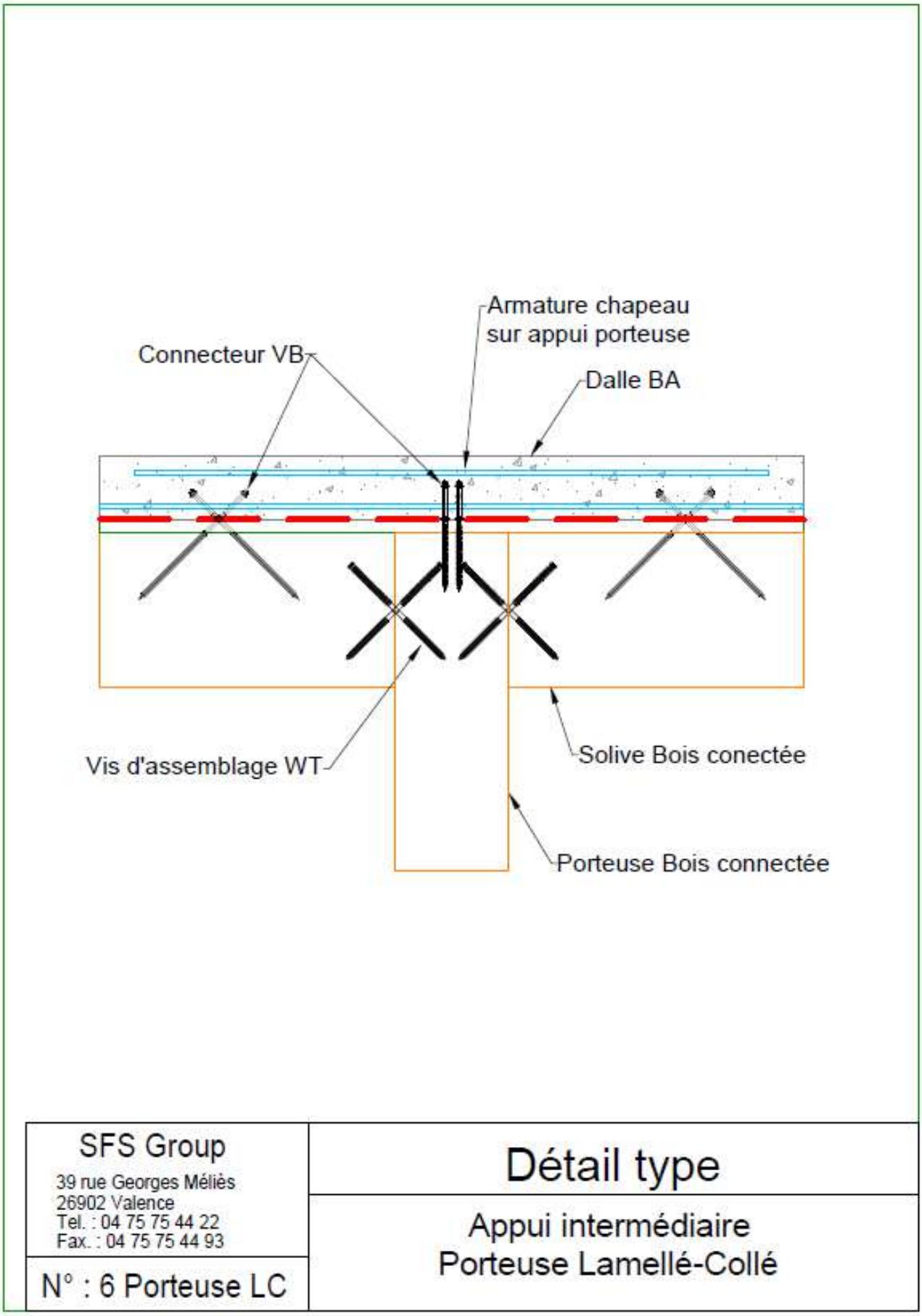


Figure A-9 : Détail appui intermédiaire, porteuse connectée

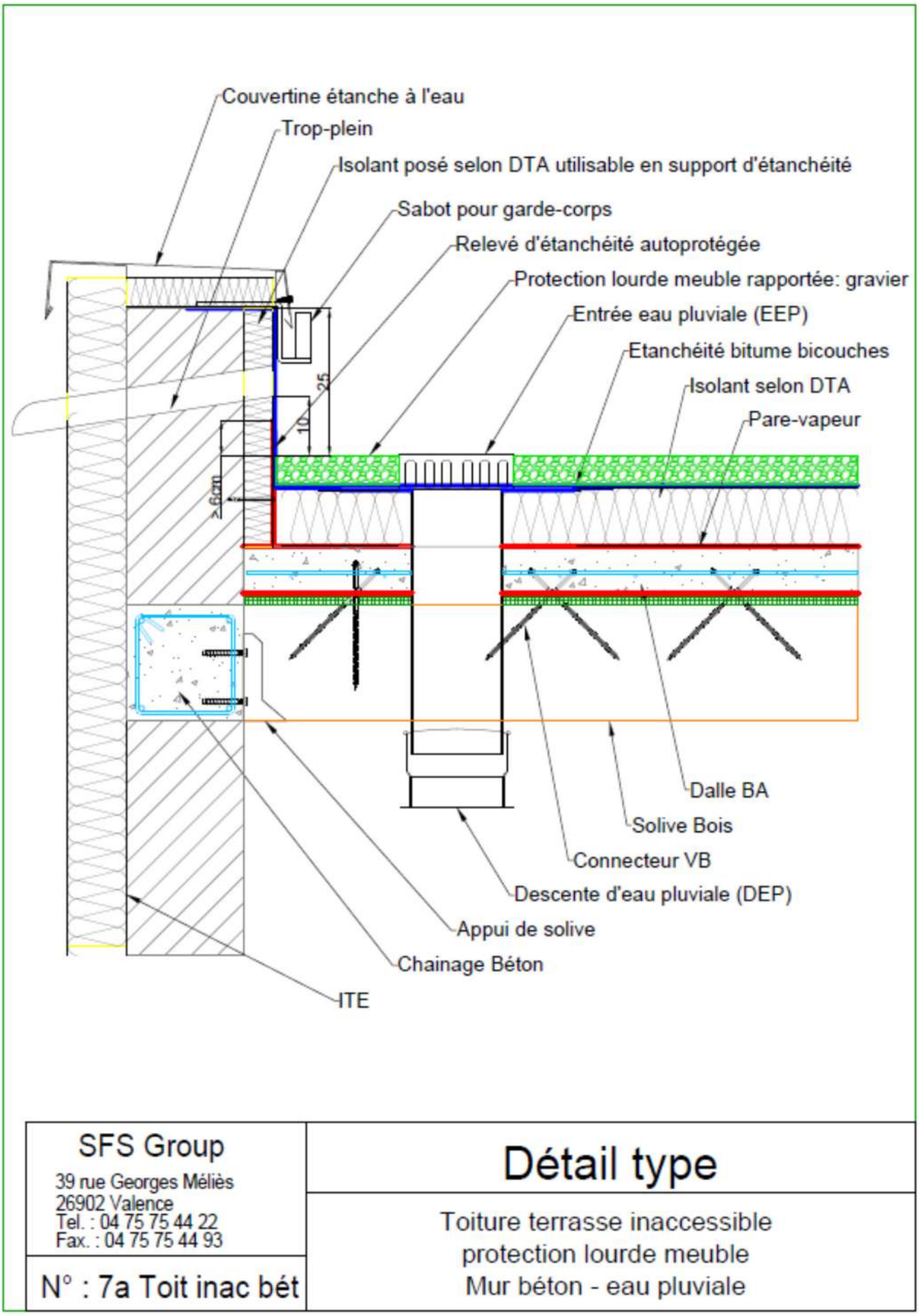


Figure A-10 : Détail traitement de toiture terrasse inaccessible. Mur support en béton

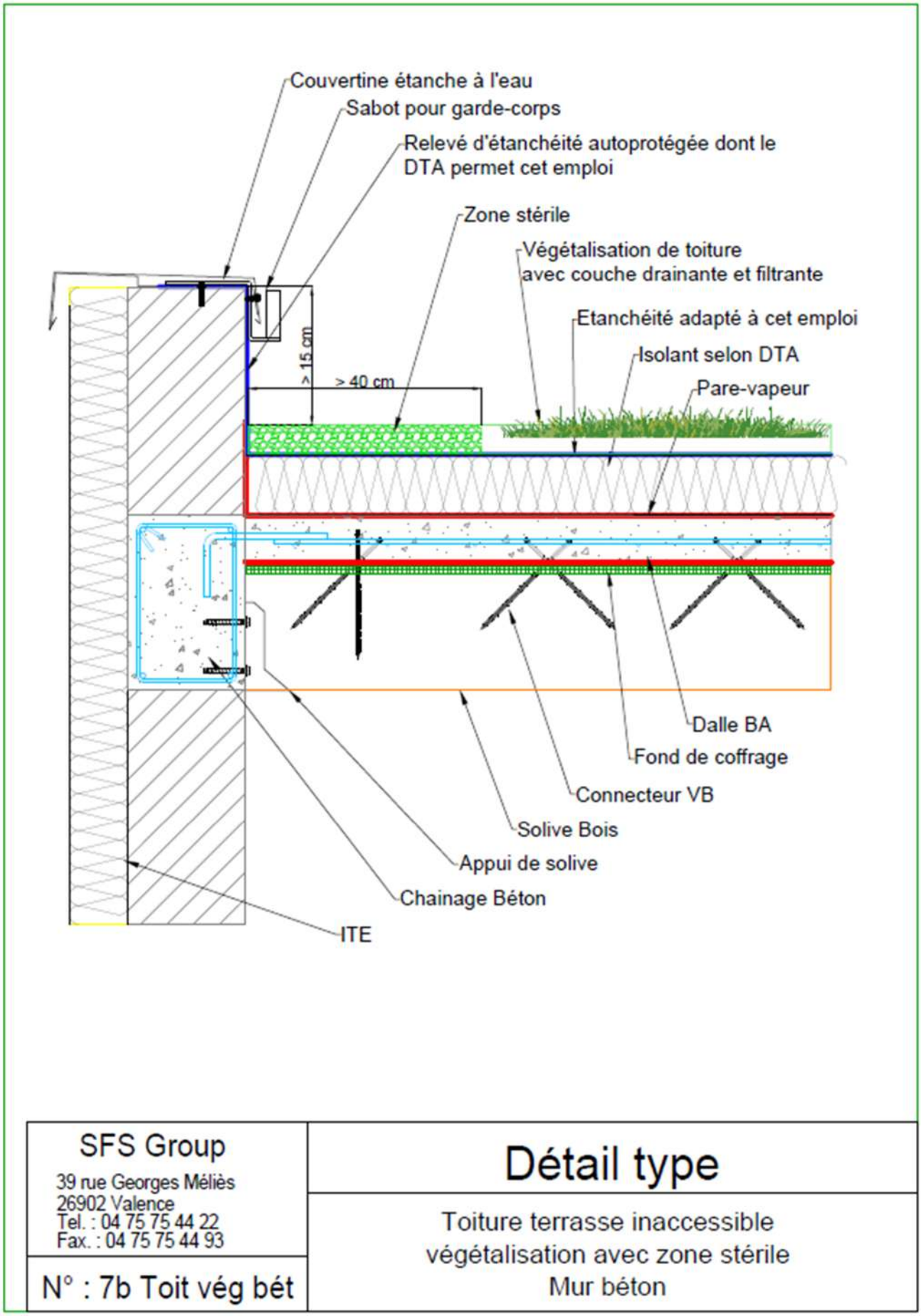


Figure A-11 : Détail traitement de toiture terrasse végétalisée en l'absence de zone stérile – Mur béton

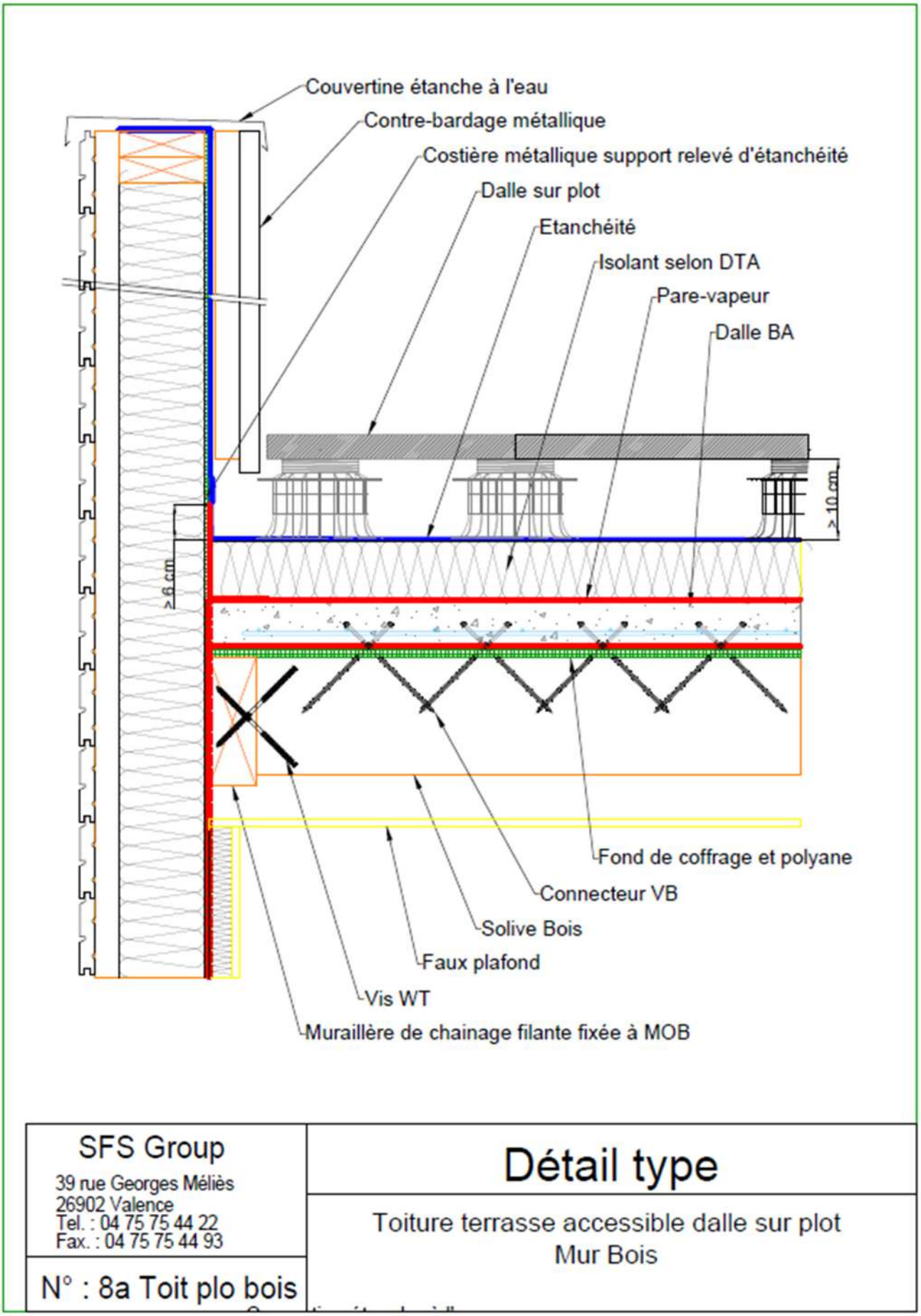


Figure A-12 : Détail toiture terrasse avec dalles sur plots

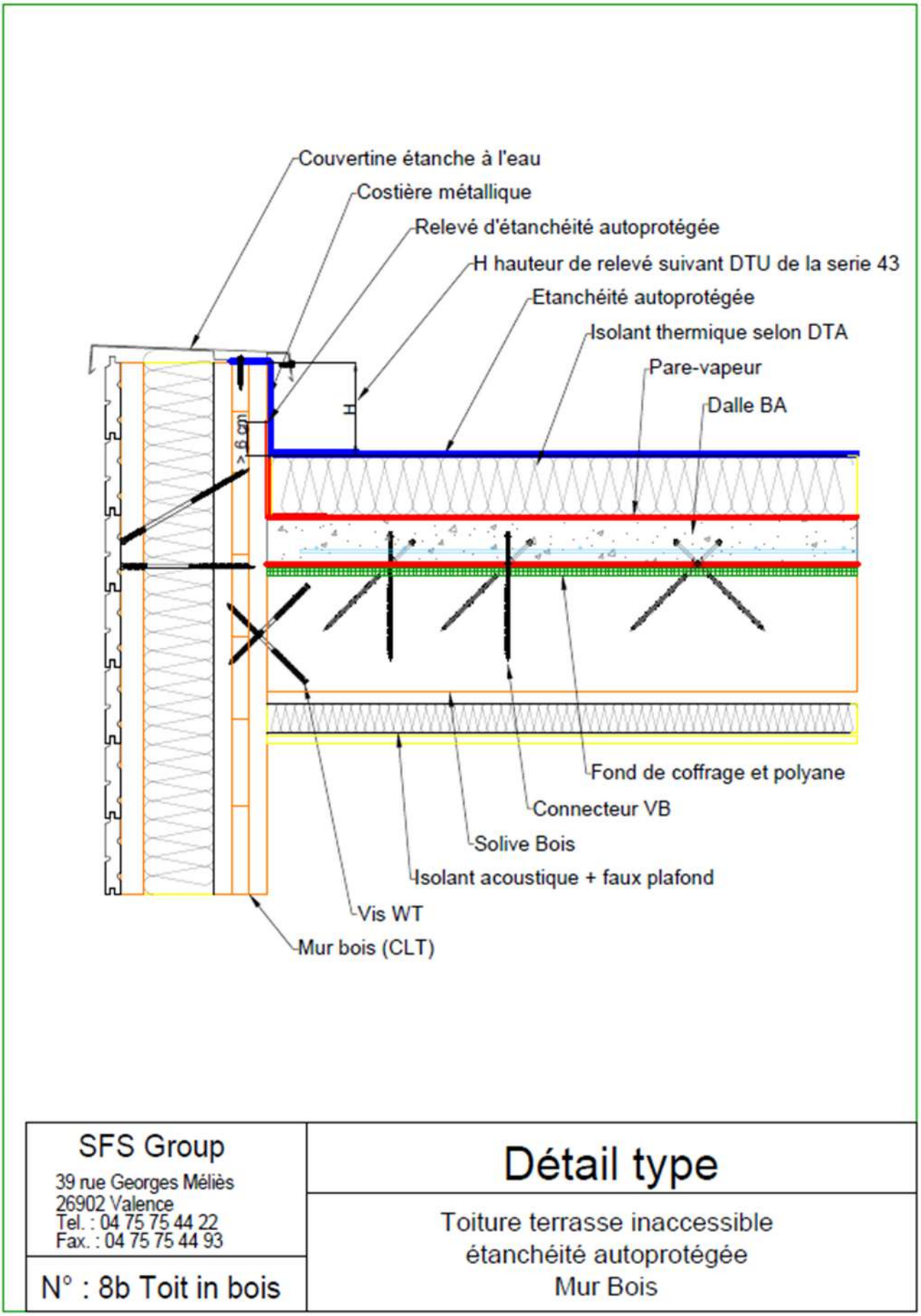


Figure A-13 : Détail toiture terrasse autoprotégée

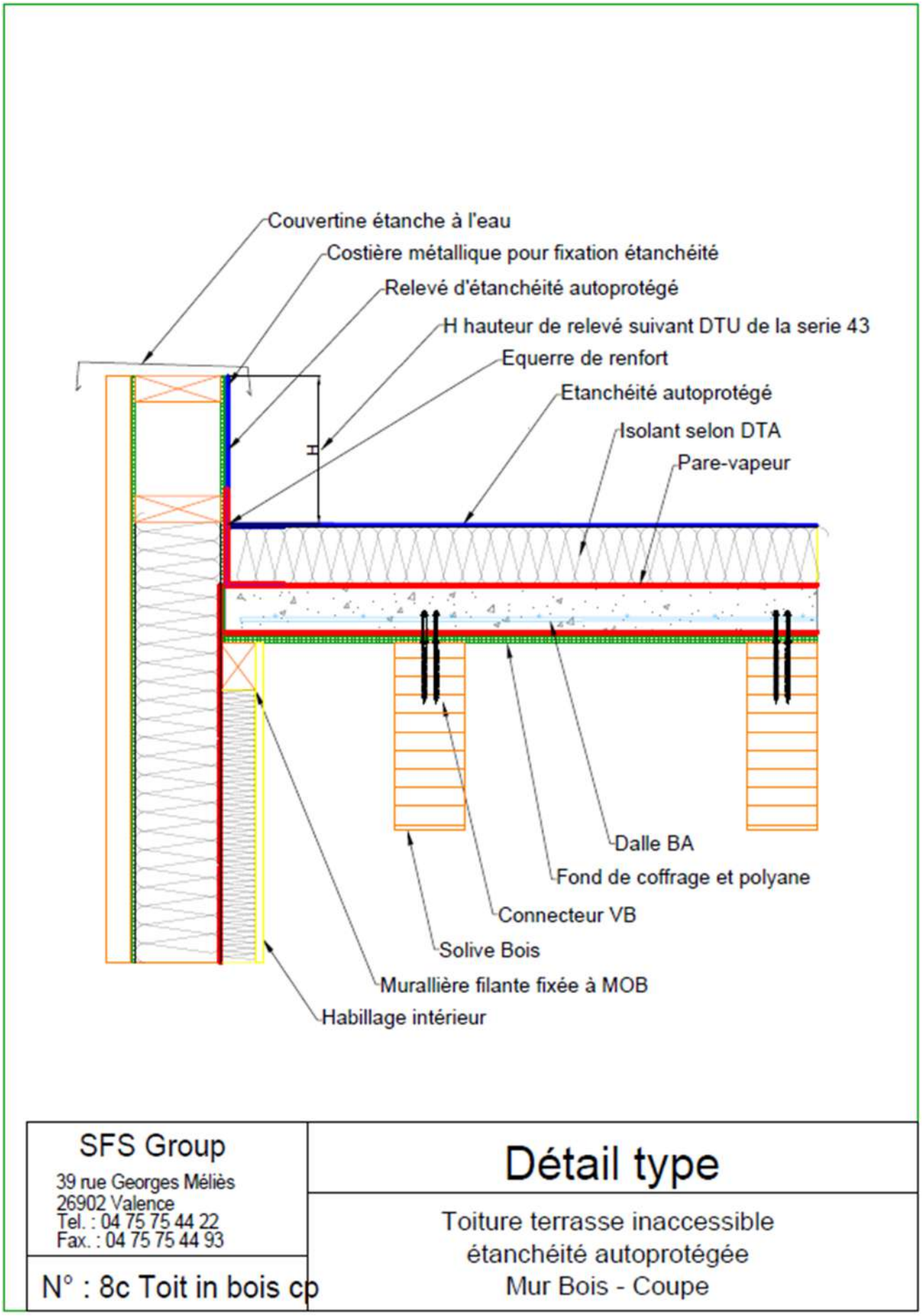


Figure A-14 : Détail toiture terrasse autoprotégée

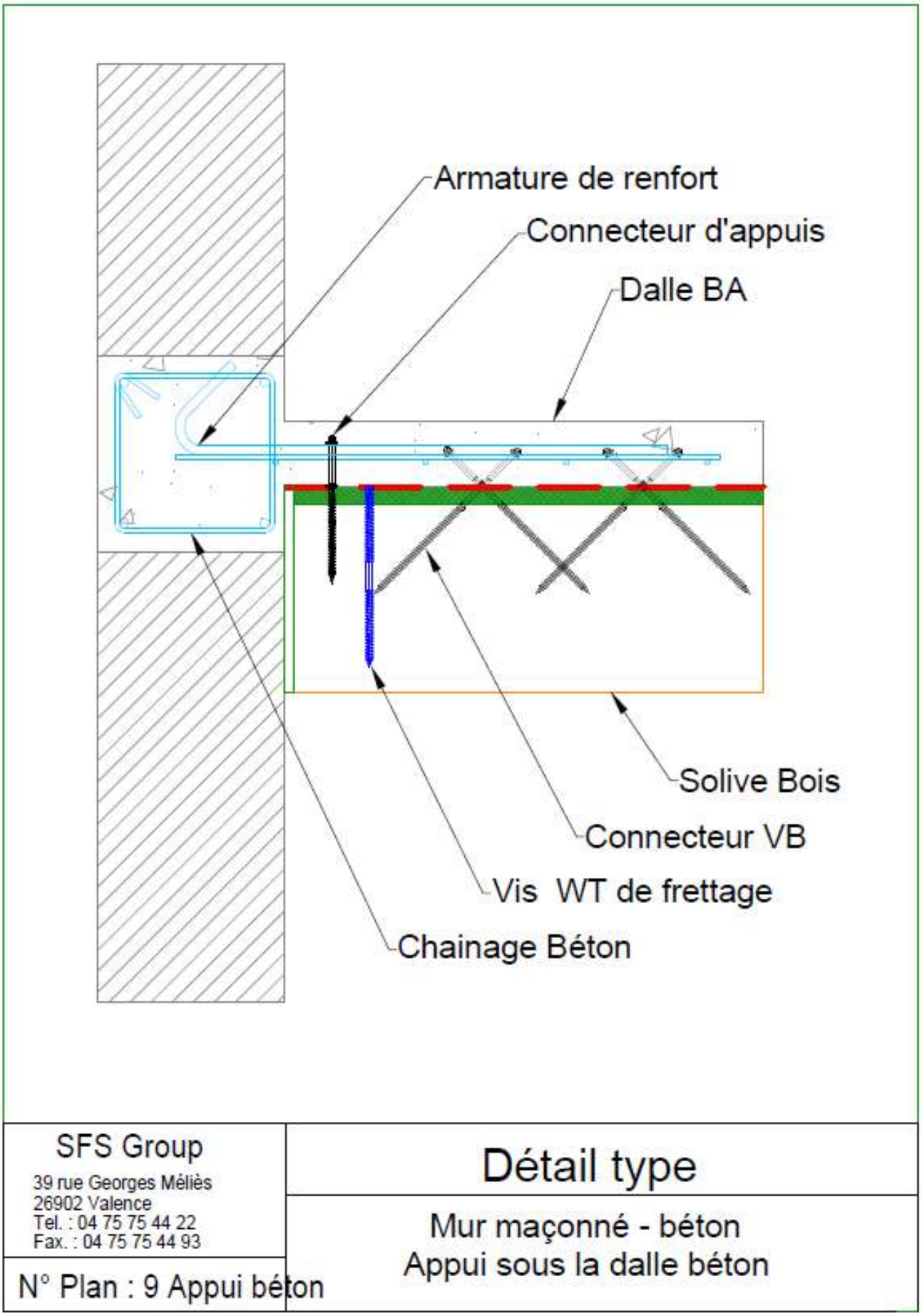


Figure A-15 : Détail appui sous dalle béton

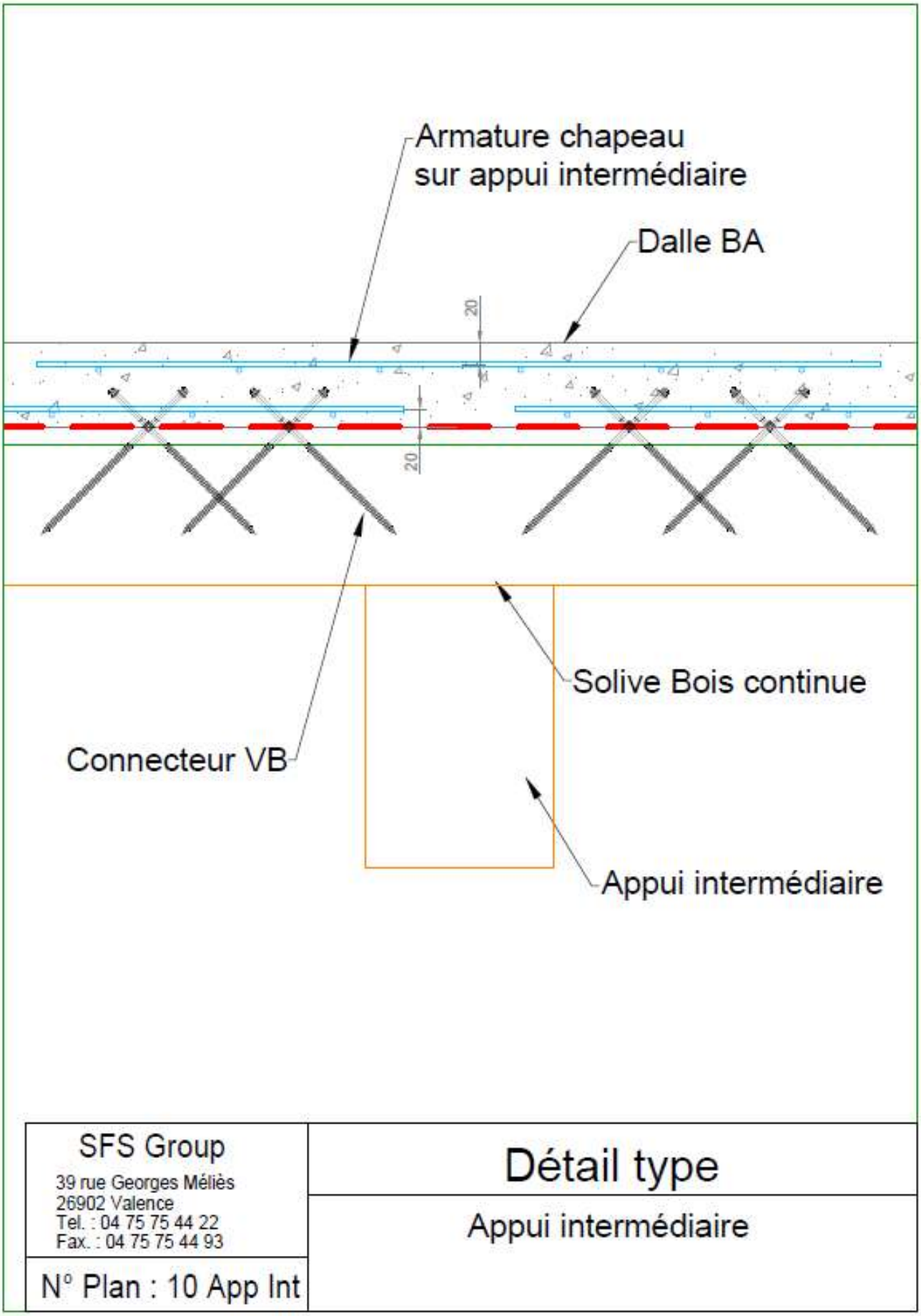


Figure A-16 : Détail appui intermédiaire

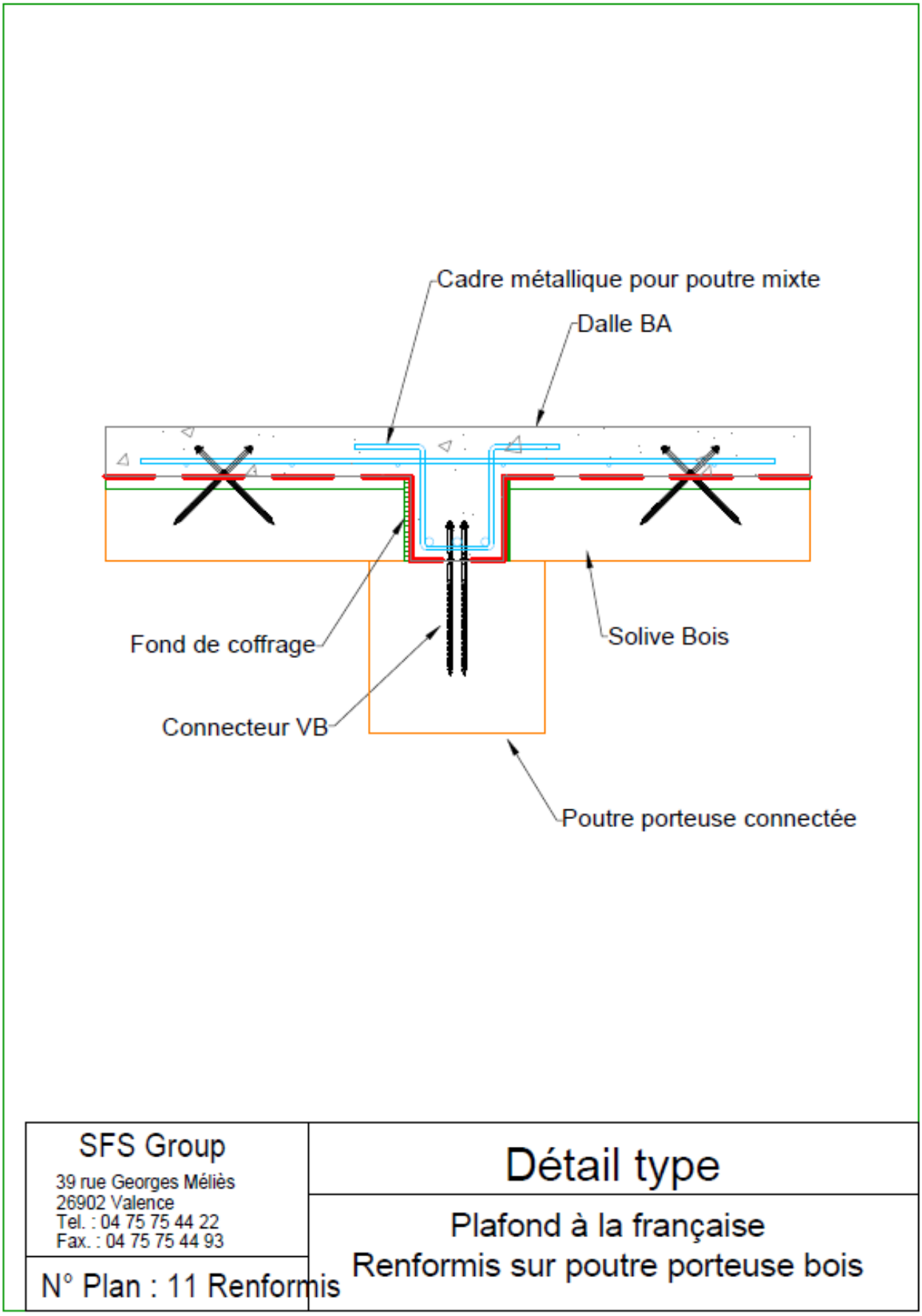


Figure A-17 : Détail poutre porteuse connecté avec renformi

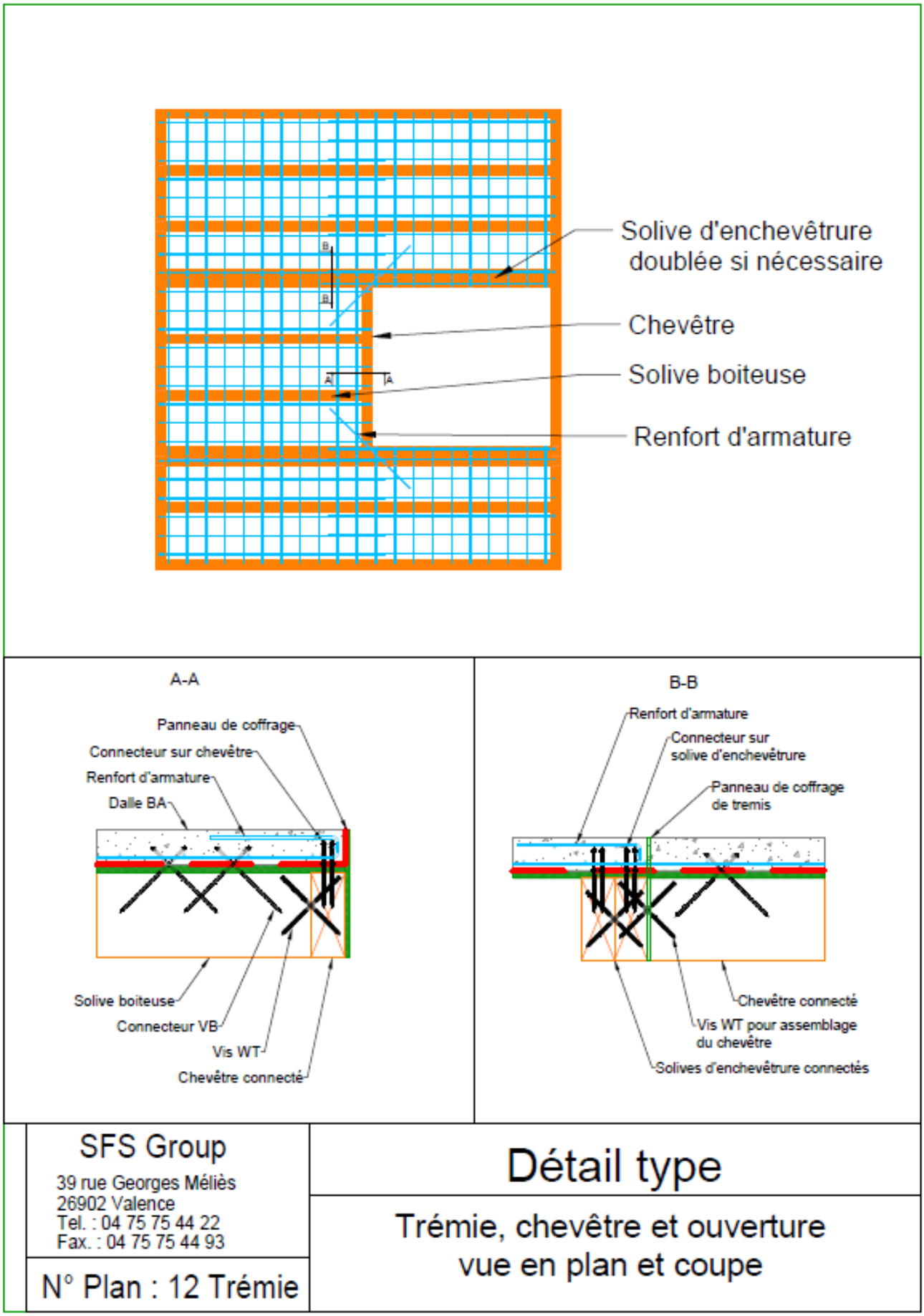


Figure A-18 : Détail traitement de trémies