

Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **3/15-827**

Annule et remplace l'Avis Technique 3/09-638

*Dallages en béton renforcé
de fibres métalliques, à
usage industriel.*

*Pavements for industrial
uses, out of reinforced
metal fibre concrete.*

Dallages industriels en béton renforcé de fibres métalliques FSI

Relevant de la norme

NF EN 14889-1

Titulaire : Société Fibre Systems International
Industrieweg 122 A1
BE – 9032 Gand
Tél. : +32.9.227.47.44
Fax : +32.9.227.62.44
E-mail : info@fsi.be
Internet : www.fsi.be

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 21 mars 2012)

Groupe Spécialisé n° 3

Structures, planchers et autres composants structuraux

Vu pour enregistrement le 29 janvier 2016

Le Groupe Spécialisé N° 3 " Structures, planchers et autres composants structuraux " de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques, a examiné, le 13 octobre 2015 le procédé de réalisation de « Dallages industriels en béton renforcé de fibres métalliques FSI », à usage industriel ou assimilés et à usage autre qu'industriel ou assimilés, procédé présenté par la société FIBRE SYSTEMS INTERNATIONAL. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après, qui annule et remplace l'Avis Technique 3/09-638.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Les dallages en béton renforcé de fibres métalliques, répondent au concept habituel des dallages, ouvrages plans de grande surface et coulés sur place en faible épaisseur, à même un sol préparé qui sert d'appui support à réaction répartie sur l'ensemble de la sous-face des ouvrages. Le fonctionnement mécanique est donc celui d'une plaque sur appui élastique réparti.

La particularité des dallages industriels en béton renforcé de fibres FSI porte sur :

- Leur réalisation à partir d'un béton particulier du fait de la présence de fibres métalliques produites par FSI;

Les types de fibres utilisés dans le cadre du présent Avis Technique sont au nombre de 2 :

- XOREX 50
- FICON 50/1.0
- FICON 50/0.75

Dans les deux cas, il s'agit de fibres libres non encollées.

Elles sont fabriquées à partir de fil d'acier tréfilé. Les dimensions et formes géométriques des fibres sont précisées dans le Dossier Technique établi par le demandeur, annexé au présent Avis. Les performances mécaniques et les possibilités d'adhérence au béton ont été optimisées en vue de conférer au béton du dallage des propriétés mécaniques particulières en termes de ductilité, de maîtrise de la fissuration et de performances mécaniques.

Le dosage retenu, la composition du béton et la rhéologie particulière des bétons frais ainsi obtenus font de ces bétons une technique particulière d'utilisation des bétons dont l'application en dallage est ici examinée.

Les dallages visés peuvent éventuellement bénéficier d'une couche d'usure, destinée à une meilleure maîtrise des effets de poussilage et d'usure de la surface.

1.2 Mise sur le marché

Les fibres acier visées dans le présent Avis sont soumis, pour leur mise sur le marché, aux dispositions de l'arrêté du 20 juillet 2007 portant application à certains produits pour bétons, mortiers et coulis du décret n° 92-647 du 8 juillet 1992 concernant l'aptitude à l'usage des produits de construction.

1.3 Identification

Les fibres FICON 50 1.0 et XOREX 50 sont commercialisées en France par la société FSI.

Les fibres sont livrées en cartons de 20 kg ou 25 kg – palettes de 1000 kg (50 ou 40 cartons). Chaque palette rappelle la référence des fibres, le code de l'usine productrice, le numéro de lot, le poids net et les coordonnées de Fibre Systems International.

Les fibres sont incorporées au béton en centrale ou sur chantier.

Ces produits sont assortis du marquage CE accompagné des informations prévues par la norme européenne NF EN 14889-1.

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Les dallages visés dans le cadre du présent Avis sont les dallages industriels ou assimilés et les dallages autres qu'industriels ou assimilés, construits en France européenne, entrant dans le domaine d'application du DTU 13.3 (NF P 11-213 parties 1 et 2). Ces dallages n'ont pas d'autre rôle que celui de répartir sur le sol les charges qui leur sont appliquées directement.

Les dosages minimums sont :

- 25 kg/m³ pour dallages avec treillis de conjugaison des joints ;
- 35 kg/m³ pour dallages sans treillis ;

Les dallages additionnés de fibres sont assimilés aux dallages non-armés conformément au DTU 13.3 (NF P 11-213 parties 1 et 2).

En particulier, ne sont pas visés au titre du présent Avis :

- les dallages faisant office de tirant ou de buton au sein de l'infrastructure,
- les dallages supportant des éléments de structure descendant les charges de superstructure (murs porteurs ou poteaux),
- les dallages destinés à recevoir un revêtement adhérent au sens du DTU 13.3 (NF P 11 213).
- Les dallages comportant des inserts ou canalisations éventuels (câbles, canalisations pour fluides caloporteurs ou non, etc.)
- Les dallages supportant des charges uniformément réparties supérieures à 80 kN/m² ou un ensemble de charges concentrées fixes ou mobiles créant, sur le polygone enveloppant les centres d'application de chaque charge, à une distance de 4 fois l'épaisseur du dallage, une charge moyenne supérieure à 80 kN/m².

Les seules charges à caractère non statique admises sont les charges roulantes dues aux véhicules ou engins de manutention. Est exclu en particulier du présent Avis Technique le cas des machines vibrantes pour lesquelles des dispositions particulières (massifs locaux) sont habituellement prévues.

L'utilisation prévue suppose que l'agressivité chimique ambiante peut être considérée comme normale. Le présent Avis ne porte pas sur les dallages en situation d'agression chimique intense, telle que celles liées à la nature chimique de certains produits qui seraient hautement agressifs, ou celles résultant de l'usage de sels de déverglaçage pour les zones en extérieur.

Le dallage avec joints peut être utilisé en atmosphère intérieure et en atmosphère extérieure des bâtiments.

Les utilisations autres que celles prévues au présent domaine d'emploi sortent du champ du présent Avis.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Les dallages visés par le présent Avis Technique doivent être constitués d'un béton satisfaisant simultanément aux spécifications du paragraphe 4.3 du DTU 13.3 (NF P 11-213 partie 1 ou 2 selon l'usage industriel ou autre) et aux trois exigences suivantes :

- La classe minimale du béton est C30/37
- La résistance au fendage minimale est de 3 MPa
- Le béton est conforme à la norme NF EN 206/CN et le dosage minimal en ciment est de 300 kg/m³.
- La valeur de E/C maximale est 0,55.

2.2.2 Durabilité / entretien

La durabilité des dallages est satisfaisante pour les emplois prévus dans le domaine d'emploi accepté.

2.2.3 Mise en œuvre

La mise en œuvre des dallages répondant à la description figurant dans le Dossier Technique doit être effectuée par des entreprises qualifiées et spécialisées dans la réalisation de dallages industriels.

2.3 Cahier des prescriptions techniques particulières

2.3.1 Conception des ouvrages

La mise en charge du dallage conduit à des rotations anélastiques locales au droit des micro-fissures comme dans tous les ouvrages en béton armé ou non, soumis à une flexion-traction. La maîtrise de ces comportements anélastiques exige de limiter le niveau de sollicitation pour la satisfaction des besoins des exploitants en matière de bon comportement de la surface du dallage vis à vis des risques de fissuration.

Les prescriptions qui suivent sont issues de justifications basées sur des résultats d'essais fournis par le demandeur. Ces prescriptions visent à obtenir des dallages dont le degré de fissuration, ainsi que l'ouverture attendue des fissures, sont compatibles avec leur aptitude à l'emploi dans le domaine d'emploi accepté.

- La décision validant une solution dallage est prise par le Maître d'Œuvre, en fonction des éléments dont il dispose en phase conception.

- Les dispositions particulières relatives aux quatre points suivants sont à adopter en stricte conformité avec le DTU 13.3 (NF P 11-213 partie 1 ou 2 selon l'usage industriel ou autre) :
 - La décision validant une solution dallage,
 - les actions à prendre en compte pour le calcul des sollicitations et des déformations,
 - les informations nécessaires à obtenir du Maître d'Œuvre, avant tout dimensionnement,
 - les valeurs minimales à observer pour les performances du sol d'assise et de la couche de forme, ainsi que les modes de traitement éventuels.
- L'épaisseur nominale du dallage est au minimum de 15 cm pour les dallages à usage industriel et au minimum de 13 cm pour les dallages à usage autre qu'industriel, avec les tolérances indiquées au paragraphe 8.1 du DTU 13.3 (NF P 11-213-1 ou NF P 11-213-2 selon l'usage industriel ou autre).
- Le calcul des sollicitations agissantes, des contraintes et des déformations du dallage est effectué conformément à l'annexe C du DTU 13.3 (NF P 11-213-1 ou NF P 11-213-2 selon l'usage industriel ou autre).
- Dans le cas où le dallage est posé sur isolant, il y a lieu de tenir compte des caractéristiques équivalentes de l'ensemble sol+forme+isolant selon le DTU 13.3.
- Les dallages doivent comporter des armatures de renforts (en barres) dans toutes les zones qui constituent des points singuliers (exemples : pourtours de poteaux, angles, regards, etc.). Un plan des renforts doit être annexé à la note de calculs.
- Les dallages de grande dimension doivent être mis en œuvre en employant des techniques adaptées au coulage en grande largeur.
- Les dallages additionnés de fibres sont assimilés aux dallages non-armés conformément au DTU 13.3 (NF P 11-213 parties 1 et 2). Ils peuvent comporter des armatures. Lorsque les calculs de dimensionnement du dallage les prennent en compte, leur pourcentage minimal et les dispositions constructives doivent être ceux fixés au paragraphe 5.5.2.1 DTU 13.3 (NF P 11 213-1 ou NF P 11-213-2 selon l'usage industriel ou autre). Dans ce cas les justifications sont conduites sur la résistance du béton non-additionné de fibres.
- La disposition des joints et le rapport des côtés pour les panneaux doivent respecter les prescriptions données au paragraphe 5.6.6 du DTU 13.3 (NF P 11-213-1 ou NF P 11-213-2 selon l'usage industriel ou autre).
- Les joints de retrait sont à effectuer sur une profondeur égale au tiers de l'épaisseur totale du dallage, avec une tolérance de plus ou moins 10 mm.
- Dans le cas où le dosage en fibres est inférieur à 35 kg/m³, il est nécessaire de prévoir un treillis soudé généralisé représentant 0,06% de la section de béton dans chaque direction, le diamètre minimal des aciers est de 6 mm et l'espacement maximal est de 20 cm. Ce treillis généralisé n'est pas obligatoire si le dosage en fibres est supérieur ou égal à 35 kg/m³, seuls les renforts aux points singuliers sont à prévoir.
- Il est permis de négliger les sollicitations dues au retrait lorsque le dallage avec joints est réalisé suivant le paragraphe 6.2 du DTU 13.3 (NF P 11-213-1 ou NF P 11-213-2 selon l'usage industriel ou autre).
- L'épaisseur du dallage à exécuter sera celle issue du dimensionnement, arrondie au centimètre supérieur.

2.32 Fabrication

Le contrôle de fabrication des fibres doit être effectué conformément aux dispositions indiquées dans le Dossier Technique. Toute modification envisagée dans la nature des contrôles ou des organismes qui sont impliqués dans son exercice doit être signalée au Rapporteur du Groupe Spécialisé N°3.

2.33 Mise en œuvre

La fabrication des bétons, l'incorporation des fibres, la mise en œuvre du béton frais et les différents contrôles d'exécution correspondants doivent être conformes aux spécifications indiquées dans le Dossier Technique établi par le Demandeur et annexé au présent Avis Technique.

En plus des contrôles prévus dans le Dossier Technique Etabli par le Demandeur, il convient de réaliser un contrôle en compression et un contrôle en traction par fendage du béton blanc.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé de dallages industriels FSI en béton renforcé de fibres métalliques présentés par la société Fibre Systems International dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

5 ans, jusqu'au 31/10/2020

*Pour le Groupe Spécialisé n°3
Le Président*

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Il convient de noter que les valeurs de dimensionnement données en annexe du présent Avis sont issues de l'exploitation des résultats d'une campagne d'essais spécifique, menée sur les bétons de fibres visés.

En l'absence de résultats expérimentaux complémentaires, les valeurs de dimensionnement à prendre en compte pour des dosages en fibres supérieures à 35 kg/m³ sont les valeurs données en annexe du présent Avis pour un dosage de 35kg/m³.

Le Groupe Spécialisé n°3 a estimé que la méthode de caractérisation des bétons fibrés indiquée en Annexe 3 du Cahier du CSTB n°3416 ne pouvait pas s'appliquer telle quelle car elle aboutissait souvent à des comportements de type écrouissant alors que le comportement attendu de ce type de béton est plutôt adoucissant. Par conséquent, le document intitulé « Complément pour les essais de caractérisation des BFM » a été entériné par le Groupe le 25 mars 2014, l'objectif étant de définir un béton de référence (résistance en traction par flexion de la matrice béton constante et formule béton homogène et stable en fonction du dosage en fibre).

Les contraintes figurant en Annexe de l'Avis sont obtenues sur la base des essais réalisés suivant la méthode citée ci-dessus et obéissent aux règles suivantes, en remplacement de celles définies en Annexe 3 du Cahier du CSTB n°3416 (dite méthode BEFIM) :

- Les énergies utilisées pour le calcul des coefficients de sécurité K1 et K2 sont les moyennes des énergies réelles individuelles et des énergies plastiques individuelles, le pic de première fissuration étant le premier maximum local de la courbe d'essais. Les coefficients K1 et K2 sont plafonnés à 0.8, si les valeurs obtenues par le calcul ci-dessus y sont inférieures.
- Le f_{tm} utilisé est celui obtenu à partir des essais de résistance à la traction par flexion sur prismes en béton blanc.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°3

Annexe valeurs d'utilisation

La validité de l'Avis Technique est assujettie au respect des valeurs contenues dans la présente annexe, qui en est partie intégrante.

Les contraintes limites à ne pas dépasser, à l'ELS, du béton de dallage FSI renforcé de fibres métalliques commercialisé par la société FIBRE SYSTEMS INTERNATIONAL sont données dans les deux tableaux qui suivent, en fonction du dosage en fibres. Les contraintes limites de dimensionnement données dans ces tableaux valent pour un béton non armé de résistance caractéristique en compression de 30 MPa, mesurée sur cylindre à 28 jours selon les modalités de la norme NF EN 12390-3.

Valeur de la contrainte limite à l'ELS, en MPa, au centre des panneaux délimités par tous types de joints σ^1_{tc}			
Dosage	XOREX 50	FICON 50/1.0	FICON 50/0.75
25 kg/m ³	ND	3.6	3.6
35 kg/m ³	4.5	4.1	ND

Tableau 1

Valeur de la contrainte limite à l'ELS, en MPa, en bords et coins des panneaux délimités par tous types de joints σ^2_{tc}			
Dosage	XOREX 50	FICON 50/1.0	FICON 50/0.75
25 kg/m ³	ND	2.8	2.8
35 kg/m ³	3.1	3.0	ND

Tableau 2

Pour les cas où la valeur de la résistance caractéristique en compression du béton non armé, mesurée sur cylindre à 28 jours selon les modalités de la norme NF EN 12390-3, est supérieure à 30 MPa, il y a lieu de multiplier les valeurs des tableaux précédents par le coefficient correspondant dans le tableau ci-dessous :

Classe de résistance	RESISTANCE CARACTERISTIQUE EN TRACTION PAR FENDAGE	COEFFICIENT MULTIPLICATIF
C30/37	3 MPa	1,00
C35/45	3 MPa	1,11

Tableau 3

ND : non déterminé

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Définition du procédé

Le dallage FSI est un dallage industriel en béton renforcé de fibres métalliques.

Les fibres considérées dans ce dossier sont les fibres XOREX 50, FICON 50/1.0 et FICON 50/0.75.

Les dallages extérieurs industriels pourvus de joints de retrait sont inclus dans le présent dossier sous réserve du respect des conditions particulières résumées au chapitre 4.7.

2. Domaine d'emploi proposé

Le dallage en BRFM (Béton Renforcé de Fibres Métalliques) FSI est employé en remplacement du dallage traditionnel en béton non armé, auquel il est assimilé, visé par le DTU 13.3 :

NF P 11-213-1 / Dallages à usage industriel ou assimilés et NF P 11-213-2 / Dallages à usage autre qu'industriel ou assimilés.

Le procédé de dallages FSI s'applique aux dallages intérieurs et extérieurs.

L'épaisseur nominale du dallage est au minimum de 15cm pour les dallages à usage industriel ou assimilés (DTU 13.3 partie 1) et au minimum de 13cm pour les dallages à usage autre qu'industriel ou assimilés (DTU 13.3 partie 2).

En complément du paragraphe 2.1 de l'Avis Technique, on précise que :

- les dallages fonctionnant en dalle portée sur une structure de fondation où la forme joue le rôle de coffrage ne font pas partie du domaine du présent dossier technique,
- les prescriptions de ce dossier technique ne s'appliquent qu'à des dallages désolidarisés des éléments de structure (Longrines, poteaux, murs fondés, massifs de machines, etc.....),
- les tirants parasismiques reliant les poteaux de la structure ne peuvent pas être inclus dans le dallage. Le concepteur doit prévoir ces tirants sous le dallage et non solidaires de ce dernier.

3. Spécifications de conception – Description des matériaux entrant dans la composition du dallage

3.1 Les fibres

Il s'agit de deux types des fibres fabriquées à partir d'acier tréfilé à froid : XOREX 50 et FICON 50/1.0 et FICON 50/0.75.

Ces fibres sont conformes à la norme EN 14889-1.

Les dosages de fibres à utiliser sont de 25kg/m³ et de 35 kg/m³ de béton.

Les fibres sont emballées en boîtes de 20 ou de 25 kg avec une tolérance de +/- 1% sur une boîte isolée et +/- 0,5% sur le poids moyen de 20 boîtes. Une palette des fibres comprend 50 ou 40 boîtes, soit 1000 kg, protégées d'une housse rétractible et pourvue d'une étiquette d'identification indiquant la marque, le type de fibre, le code de l'usine productrice, le numéro de lot, le poids net et les coordonnées de Fibre Systems International .

Les fiches techniques des fibres XOREX 50 et FICON 50/1.0 sont annexées au présent Dossier Technique.

La société FSI n'est pas fabricant de ses fibres mais fait produire en sous-traitance par un nombre limité de fabricants qui ont été sélectionnés par la FSI sur la base de leurs compétences à respecter les exigences de qualité et de tolérances imposées.

Le contrôle de qualité se fait aussi bien au niveau des fabricants du fil d'acier (Contrôle « Matières Première ») qu'au niveau des fabricants de fibres qui tréfilent le fil jusqu'au diamètre final et/ou qui déforment et coupent le fil en fibres (Contrôle Interne) qu'au niveau de la société FSI (Contrôle Externe) qui importe et stocke les fibres dans ses magasins où elles sont soumises à un contrôle de conformité avant d'être distribuées.

Contrôle « Matières Première »

Les fabricants du fil d'acier fournissent à la société FSI et/ou au fabricant de fibres un certificat de conformité du fil d'acier et ceci pour chaque lot de max. 25 tonnes. Ce certificat contient la résistance à la traction, le diamètre ou les dimensions de la section et la composition chimique du fil d'acier.

Contrôle Interne

Le système de contrôle interne comprend les éléments suivants :

- Spécification technique / description du produit : dossier technique complet fourni par la société FSI, dans lequel toute l'information concernant les fibres est reprise comme les fiches techniques, la documentation, les exigences spécifiques et les tolérances à respecter pour être conforme aux normes en vigueur ;
- Contrôle des matières premières : vérification des certificats de conformité et contrôle visuel des matières (entre autres sur la présence de rouille) ;
- Contrôle régulier de la technologie et process de la production, y compris le calibrage ;
- Contrôle des fibres produites : les dimensions sont mesurées par micromètre à raison de 12 fibres par jours ou par 10 tonnes par machine et la résistance à la traction est mesurée par machine de traction à raison de 3 fibres par 200 tonnes ;
- Contrôle sur le conditionnement : une tolérance de $\pm 1\%$ est respectée sur une unité de conditionnement et $\pm 0,5\%$ sur la moyenne de 20 unités ;
- Calibrage et étalonnage régulier des appareils de mesure (au moins une fois par an) ;
- Enregistrement de toutes les actions de contrôle et de mesures qui ont été prises.

Contrôle Externe

Après fabrication, les fibres sont transportées du fabricant aux magasins de la société FSI où elles sont soumises à un contrôle externe. Les contrôles suivants sont effectués :

- Contrôle d'expédition et des documents de transport ;
- Contrôle des résultats enregistrés par le fabricant ;
- Contrôle d'état général de conditionnement, de marquage et d'éventuel déclassement ;
- Contrôle des tolérances du conditionnement : $\pm 1\%$ sur une unité de conditionnement et $\pm 0,5\%$ sur la moyenne de 20 unités ;
- Contrôle des fibres : les dimensions sont mesurées par micromètre à raison de 1 fibre par palette d'une tonne ou en général par une tonne. La résistance à la traction est mesurée par machine de traction à raison de 3 fibres par 200 tonnes ;
- Calibrage et étalonnage régulier des appareils de mesure (au moins une fois par an) ;
- Enregistrement de toutes les actions de contrôle et de mesures qui ont été prises.

3.2 Le béton

Il doit respecter les exigences suivantes :

- 1) être conforme à la NF P11-213 et aux spécifications de la norme NF EN p206-1.
- 2) avoir un dosage minimum en ciment de :
 - 300 kg/m³ pour les ciments de classe de résistance 52,5
 - 320 kg/m³ pour les ciments de classe de résistance 42,5
 - 350 kg/m³ pour les ciments de classe de résistance 32,5

On emploie en général des CEM I ou CEM II/A.

- 3) avoir un rapport maximal Eau efficace / liant équivalent d'une valeur variant linéairement entre 0,55 pour un dosage de 300 kg/m³ et 0,5 pour un dosage de 350 kg/m³.

Le rapport maximal Eau efficace / liant équivalent est mentionné sur les bons de commande et de livraison.

- 4) être d'une classe de résistance au moins égale à C30/37.
- 5) avoir une consistance adaptée à la mise en œuvre : le béton doit être vibré au moyen d'une règle vibrante ou d'une poutre vi-

brante, mécanique ou hydraulique, ou bien être de consistance fluide (affaissement au cône d'Abrams supérieur ou égal à 160 mm) obtenue par utilisation de superplastifiant, et en aucun cas par ajout d'eau.

3.3 Adjuvants

Ils sont utilisés afin d'augmenter la plasticité du béton (particulièrement en cas de pompage) à quantité d'eau constante et afin d'augmenter la maniabilité du béton de fibres lors de la mise en œuvre, sans rajout d'eau.

Pour tout adjuvant, comme pour toute addition, la traçabilité doit être assurée.

Ils sont conformes aux spécifications de la norme EN 934-2. Le dosage en superfluidifiant sera conforme aux prescriptions du fabricant. En cas d'utilisation de plusieurs adjuvants, les compatibilités entre les différents produits devront être vérifiées. L'ajout de superfluidifiant pourra être fait en centrale ou sur chantier.

3.4 Support du dallage / Forme / Sol sous-jacent

Le support est constitué par le sol, naturel ou traité, et éventuellement par la forme et/ou l'interface sur lesquels repose le dallage.

Les caractéristiques du sol sous-jacent, fournies par le rapport géotechnique (incluant normalement des sondages, des essais et l'interprétation des résultats), donnent les hypothèses à prendre en compte pour la justification, faisabilité, conception et calcul du projet.

Le contrôle de la couche superficielle ou la forme, effectué en surface par des essais à la plaque, par exemple de Westergaard (~ Kw), permet d'évaluer la déformabilité et la compacité de cette couche de forme sous des chargements concentrés de courte durée et sur une profondeur de l'ordre du rayon de la plaque d'essai. Elle ne fournit aucune indication sur les propriétés du sol en profondeur ni, notamment, sur le comportement différé du terrain, et ne permet pas d'évaluer la déformation d'un sol uniformément chargé.

Les essais à la plaque sont essentiellement employés aux fins de vérification de la tenue de la couche de support immédiatement située sous le dallage. Les caractéristiques de la forme ne peuvent donc jamais être à elles seules garantes du bon comportement du support et du dallage.

Note : La reconnaissance du sol doit être menée jusqu'à la profondeur, déterminée par le géotechnicien, où la déformation du substratum est négligeable pour les charges et les tolérances considérées.

Pour la procédure de reconnaissance des sols, on se reportera au paragraphe 3.2, 5.1.2, 7.1, 9 et Annexe A de la norme NF P11-213.

4. Spécifications de mise en œuvre des dallages

4.1 Mise en œuvre des fibres dans le béton

Les fibres sont à incorporer progressivement dans le béton afin de permettre un malaxage homogène.

L'introduction des fibres peut se faire de façon manuelle :

- soit dans le camion-malaxeur sur chantier à une vitesse de malaxage de 12 – 18 rpm. Après introduction, le malaxage est à continuer à vitesse maximale pendant au minimum 5 mn.
- soit à la centrale à béton en même temps que les sables et agrégats. Une introduction comme premier composant est à éviter.

Une réduction éventuelle de l'ouvrabilité du béton après incorporation des fibres pourrait être compensée par rajout d'adjuvants (voir paragraphe 3.3 de ce dossier).

Lors de la mise en œuvre, les éventuels nids de fibres doivent être éliminés. La répartition homogène des fibres est contrôlée conformément aux spécifications du paragraphe 6.3.

4.2 Mise en œuvre du béton en place

La mise en œuvre du dallage est interdite sur support gelé. Sauf dispositions particulières, la température ambiante ne doit pas être inférieure à 3°C.

La plate-forme doit être réceptionnée contradictoirement avec l'entreprise titulaire de ce lot, avec un délai nécessaire à une reprise éventuelle. Il est important de respecter la tolérance de niveau du support de ± 10 mm.

Le déversement du béton peut s'effectuer directement par le camion malaxeur ou par pompage. L'emploi d'un béton fluidifié permet une mise en place sans vibration. Seuls les points singuliers renforcés par des treillis soudés à mailles serrées, les joints de construction et les dispositifs avec pattes d'ancrages (passages de portes, quais...) nécessitent une vibration à l'aiguille pour garantir un bon ancrage de ces différents dispositifs de construction. L'utilisation d'une règle

vibrante permet d'avoir un meilleur compactage du béton et de limiter les fibres en surface.

Dans le cas où la surface du béton reste brute, la présence de fibres à la surface est inévitable et pourrait causer une corrosion occasionnelle. Cependant, ce phénomène n'est pas nuisible pour la résistance du béton.

Les finitions traditionnelles (couche d'usure, revêtements) ne nécessitent aucune précaution particulière par rapport à la technique « dallage non fibré », et doivent être conformes à la norme NF P11-213 Paragraphes 5.1.3.3, 5.1.3.4, 5.5 et 7.4 pour la réalisation.

4.3 Arrêts de coulage et joints

Ils doivent faire l'objet d'un calepinage et les dispositifs de chargement du dallage doivent permettre les déformations globales thermiques et de retrait du dallage et le fonctionnement des joints.

Le remplissage des joints, l'espacement entre les joints et la conjugaison des panneaux adjacents sont réalisés conformément à la norme NF P11-213 paragraphes 5.6 et 7.3.5. Cependant la conjugaison des panneaux adjacents par treillis soudé général n'est pas indispensable pour un dosage en fibre supérieur ou égale à 35 kg/m³ (à condition de mettre en place des renforts supplémentaires aux points singuliers).

On retrouve principalement des joints de construction (arrêts de coulage), des joints de dilatation, des joints d'isolement et des joints de retrait.

Arrêts de coulage

Les joints de reprise et de construction sont toujours protégés et renforcés. On utilise un double profil à emboîtement mâle et femelle limitant le déplacement vertical relatif des deux dalles tout en ne s'opposant pas aux déplacements de retrait même au croisement de ces joints.

Ces profils sont réalisés en tôle lourde d'une épaisseur minimale de 4mm. Les dispositions pratiques à adopter pour ces profils doivent être conformes à celles décrites au paragraphe 5.2 du guide CSTB-BEFIM.

La pose se passe avant que le bétonnage ne commence, les parties mâle et femelle étant pré-assemblées par des attaches qui cèdent pendant le durcissement sous les tractions de retrait. Le compactage à l'aiguille vibrante n'est généralement pas souhaitable lors de la mise en œuvre de béton renforcé de fibres pour éviter toute ségrégation. Ce compactage est pourtant requis le long des joints de construction afin de garantir une liaison fiable entre béton et profilé.

Joints de retrait

Les joints de retrait seront sciés sur le tiers de l'épaisseur totale du dallage. Il est loisible de ne pas tenir compte des sollicitations dues au retrait lorsque d'une part le dallage est réalisé sur une couche de sable dont l'épaisseur varie entre 10 et 20 mm, et d'autre part les dimensions maximales des mailles n'excèdent pas les valeurs données au paragraphe 5.6.6. du DTU 13.3 partie 1 ou 2 selon usage (industriel ou autre).

Le sciage doit être effectué au plus tôt, dans un délai compatible avec les conditions de température et d'hygrométrie de l'ambiance pour que le béton ait atteint un durcissement suffisant pour être découpé sans épaufure. Lorsque le bétonnage a eu lieu par temps froid, il faut tenir compte d'un retard de durcissement éventuel.

4.4 Renforts ponctuels

Tous les points sensibles du dallage, à partir desquels peut partir une fissure (coins rentrants, chambre de visite, poteaux, massifs...), doivent recevoir un renfort local par armatures traditionnelles de béton armé, ou treillis soudé. Le renfort local doit être placé dans le tiers supérieur de dallage et de sorte à bloquer les fissures dès leur naissance.

On peut également avoir recours au sciage d'un joint de retrait supplémentaire. Il faut toutefois noter que ce joint risque de se détériorer en cas de circulations répétées.

Dans tous les cas, on veillera à ce que le sciage ne sectionne pas les armatures en barre (TS généralisé ou renforts) éventuellement disposées dans le dallage.

4.5 Cure

Après finition du dallage, une cure du béton est indispensable afin de retarder et de limiter le retrait du béton ainsi qu'un séchage trop rapide à la surface. La cure est réalisée selon la prescription du paragraphe 7.3.4 du DTU 13.3 partie 1 ou 2 selon l'usage (industriel ou autre). Elle peut se faire par pulvérisation d'un produit de cure de qualité ou par la mise en place d'une feuille en plastique. L'entreprise de dallage veillera à ce que ladite feuille ne soit enlevée ni par des courants d'air, ni par d'autres intervenants sur chantier durant le temps de curage requis et repris ci-après.

Durée minimale de la cure en jours				
Evolution du durcissement du béton	Température de la surface en °C			
	5 ≤ T < 10	10 ≤ T < 15	15 ≤ T < 25	T ≥ 25
Moyenne	12	8	4	4
Lente	20	14	8	2

4.6 Mise en service

Le dallage pourra être mis en service :

- après 48 heures de séchage pour utilisation pédestre légère
- après 7 jours de séchage pour utilisation légère
- après 28 jours de séchage pour utilisation normale

4.7 Dallage extérieur

Dans le cas des dallages extérieurs (industriels) les conditions supplémentaires suivantes doivent être respectées :

- Le temps de cure dans le tableau ci-dessus est augmenté d'au moins 2 jours
- Le dimensionnement du dallage devra tenir compte d'un gradient de température inhérent au projet en question.

5. Principes de dimensionnement

5.1 Généralités

De manière traditionnelle, le calcul des tassements et des contraintes à l'ELS du dallage est effectué par la société FSI ou toute autre société qualifiée conformément à l'annexe C du DTU 13.3 partie 1 ou 2 selon l'usage (industriel ou autre) et en fonction des hypothèses d'exploitation données par le maître d'ouvrage. Ces hypothèses sont :

- Etude géotechnique définissant les épaisseurs et les modules de sol de chaque couche y compris de la couche de forme,
- Définition des charges d'exploitation : concentrées, statiques ou dynamiques, effets d'une ou plusieurs charges, charges réparties,
- Combinaison des actions élémentaires produisant les sollicitations les plus défavorables dans le corps du dallage.

En cas de mise en œuvre d'un dosage supérieur ou égal à 50 kg/m³ de fibres, conduisant à un comportement non fragile en flexion, des considérations basées sur l'analyse limite peuvent être appliquées, en conformité avec le document CSTB-BEFIM.

5.2 Contraintes de calcul à l'état limite de service

Les contraintes dues aux sollicitations développées à l'ELS doivent demeurer inférieures ou égales aux valeurs des tableaux donnés en annexe de l'Avis Technique.

Les valeurs y sont données en fonction du dosage en fibres.

6. Contrôles

L'utilisateur du procédé de béton de fibres met en œuvre un processus d'auto-contrôle portant au minimum sur les points précisés ci-après. Il fournit à la Société FSI les résultats de cet auto-contrôle.

6.1 Réception du sol support

Le sol de fondation est réceptionné par l'utilisateur du procédé de réalisation du dallage en béton renforcé de fibres FSI afin de s'assurer de la véracité des hypothèses prises en compte pour les calculs.

6.2 Qualité du béton

6.2.1 Composition

L'utilisateur vérifie la composition du béton de base lors de la fabrication, soit à la centrale, soit sur les bons de livraison et, en particulier, s'assure que les composants sont conformes aux spécifications et aux normes en vigueur.

6.2.2 Ouvrabilité

L'utilisateur contrôle l'ouvrabilité du béton par un essai "slump test" après l'incorporation des fibres et du fluidifiant.

La mesure doit être faite sur les 3 premières toupies puis toutes les 5 toupies.

La consistance mesurée par affaissement au cône d'Abrams doit être :

- entre 150 mm et 180 mm pour une mise en place manuelle
- entre 120mm et 150 mm pour une mise en place mécanique.

6.3 Homogénéité du matériau

Le contrôle d'homogénéité se fait par pesée des fibres (séchées) dans un échantillon.

Un prélèvement de quantité au moins égale à 6 litres est à effectuer sur le premier camion malaxeur et ensuite au moins tous les 10 camions ou au moins 3 échantillons prélevés sur 3 camions différents. Les fibres sont séparées du béton, pesées et le résultat est consigné sur la fiche d'autocontrôle de l'entreprise.

Les écarts vis-à-vis du dosage prescrit ne doivent pas excéder :

- 10% pour la valeur moyenne
- 20% pour chacun des échantillons

6.4 Résistances mécaniques

Les différents contrôles sont à exécuter afin de vérifier si la résistance mécanique du béton blanc est conforme à la qualité de béton comme stipulée dans la note de calcul de la conception ou le dimensionnement du dallage, effectué par le bureau d'études qualifié ou la société FSI.

Le contrôle de la classe de résistance en compression du béton blanc est effectué soit par l'entreprise de dallage quand les fibres sont introduites sur chantier, soit par le BPE quand les fibres sont introduites en centrales. Le contrôle doit être conformes aux spécifications de la norme NF EN 206-1.

7. Réalisation et dispositions diverses

Pour diriger toutes ses opérations d'exécution, l'entreprise spécialisée désigne par chantier un seul responsable qui est conducteur du chantier à temps plein. Le conducteur est tenu de rédiger ou de compléter lors de chaque intervention toutes les fiches de contrôle prévues en annexe 1 du document CSTB-BEFIM. Avant de démarrer les travaux, une liste explicite avec croquis respectivement un plan repérant tous les points à risque (regards, caniveaux, poteaux, autres points fixes, descentes d'eau pluviales, tuyaux ensevelis, génie civils spécifiques,...) est à dresser. Cette liste ou plan doit également indiquer la solution retenue pour éviter des problèmes futurs.

B. Références normatives

Le présent document fait référence à différentes publications et normes. Dans la mesure où différents sujets ne sont pas traités dans le présent Avis Technique, les publications et normes suivantes s'appliquent aux dallages et ceci dans l'ordre de priorité donné :

1. Document CSTB-BEFIM : Conception et réalisation des dallages en Béton de Fibres Métalliques, Février 2002
2. Conception et réalisation des dallages en béton de fibres métalliques – complément pour les essais de caractérisation des BFM entériné par le GS3 le 25 mars 2014
3. Méthode AFREM : Méthode de caractérisation des BFM, Décembre 1995
4. Règles BAEL, Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites
5. DTU 13.3 – Dallages : Conception, calcul et exécution ; Parties 1 et 2
6. Annales de l'ITBTP N° 528 : Application du calcul à la rupture à une dalle carrée en béton de fibres métalliques en flexion, Novembre 1994

C. Résultats expérimentaux

- SIGMABETON - Essai de flexion 3 points et de poinçonnement sur dalles 60*60*10cm selon spécifications techniques du GS3 en date du 25 mars 2014 – Caractérisation fibres FICON 50 1.0 – Dosage à 35kg/m³
- SIGMABETON - Essai de flexion 3 points et de poinçonnement sur dalles 60*60*10cm selon spécifications techniques du GS3 en date du 25 mars 2014 – Caractérisation fibres FICON 50 0.75 – Dosage à 15kg/m³
- SIGMABETON - Essai de flexion 3 points et de poinçonnement sur dalles 60*60*10cm selon spécifications techniques du GS3 en date du 25 mars 2014 – Caractérisation fibres XOREX 50 – Dosage à 35kg/m³

D. Références

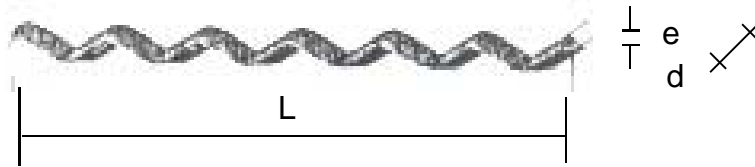
Maitre d'ouvrage	Localisation	Type	Surface totale de l'ouvrage (m ²)	Date de réception	Fibre
Port de Boulogne CCI	Port de Boulogne	Dallage industriel avec joints	11000	2010	XORE X 50
Cille de Lille	Lille	Dallage industriel avec joints	14000	2012	XORE X 50
Toyo Ink	Villers Saint Paul	Dallage industriel avec joints	850	2012	XORE X 50
Pidou	Calais	Dallage industriel avec joints	750	2012	XORE X 50

Annexes au Dossier Technique

ANNEXE 1 : FICHE TECHNIQUE DE LA FIBRE XOREX 50

XOREX 50 est une fibre hors fil d'acier doux, à teneur de carbone basse (quantité de carbone < 0.12 %), tréfilé à froid et déformé sous forme d'ondulation sur toute la longueur de la fibre.

Croquis :



Dénomination	: XOREX 50	
Longueur	: L = 50 mm	± 10% sur une fibre isolée ± 2 mm sur L_{moyen} de 30 fibres
Largeur	: d = 2,25 mm	± 0,25 mm
Epaisseur	: e = 0,45 mm	± 0,05 mm
Diamètre équivalent	: $\varnothing = 1,10$ mm	± 10% sur une fibre isolée ± 0,03 mm sur $\varnothing_{\text{moyen}}$ de 30 fibres
Rapport L/D équivalent	: 45	± 15% sur une fibre isolée ± 7,5% sur L/D_{moyen} de 30 fibres
Résistance à la traction	: $F_t = 800$ N/mm ²	± 15% sur une fibre isolée ± 7,5% sur $F_{t \text{ moyen}}$ de 30 fibres
Amplitude des ondulations	: A = 1 mm au minimum	
Nombre d'ondulation	: 6 à 8	

ANNEXE 2 : FICHE TECHNIQUE DE LA FIBRE FICON 50/1.0

FICON 50/1.0 est une fibre hors fil d'acier doux, à teneur de carbone basse (quantité de carbone < 0.12 %), tréfilé à froid et muni de crochets aux extrémités.

Croquis :



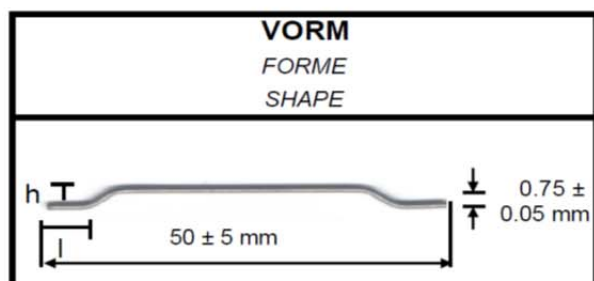
Dénomination	:	FICON 50/1.00	
Longueur	:	L = 50 mm	± 10% sur une fibre isolée ± 2 mm sur L_{moyen} de 30 fibres
Dimensionnement du crochet	:	d = 5 mm	± 2.0 mm
	:	h = 2 mm	± 1.0 mm
	:	$\alpha = 45^\circ$	± 5°
Diamètre	:	$\emptyset = 1.00$ mm	± 10% sur une fibre isolée ± 0,03 mm sur \emptyset_{moyen} de 30 fibres
Rapport L/D	:	50	± 15% sur une fibre isolée ± 7,5% sur L/D_{moyen} de 30 fibres
Résistance à la traction	:	$F_t = 1100$ N/mm ²	± 15% sur une fibre isolée ± 7,5% sur $F_{t \text{ moyen}}$ de 30 fibres
Torsion de la fibre	:	< 35°	
Flèche de la fibre	:	< 4 mm	

PRODUCT SPECIFICATIE - TECHNISCHE FICHE - FICON 50/0.75 H.T.
 SPECIFICATION DU PRODUIT - FICHE TECHNIQUE - FICON 50/0.75 H.R.
 PRODUCT SPECIFICATION - TECHNICAL SHEET - FICON 50/0.75 H.T.

BESCHRIJVING DESCRIPTION DESCRIPTION	Eindverankerde Staalvezels "Hoge Treksterkte" voor betonwapening Fibres d'acier crochetées "Haute Résistance" pour renforcement de béton Endhooked Steel Fibers "High Tenacity" for concrete reinforcement
---	---

DIMENSIONERING DIMENSIONS DIMENSIONS	
Parameter Paramètre Parameter	Waarde Valeur Value
Lengte Longueur Length	50 ± 5 %
Diameter Diamètre Diameter	0.75 ± 5 %
L/D L/D L/D	67 ± 7,5 %
Lengte Haak Longueur Crochet Length Hook	l = 3 mm ± 1,5 mm
Hoogte Haak Hauteur Crochet Height Hook	h = 2 mm ± 1,25 mm
Hoek Haak Angle Crochet Angle Hook	$\alpha = 45^\circ \pm 7^\circ$

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN CARACTERISTIQUES PHYSIQUES PHYSICAL PROPERTIES	
Parameter Paramètre Parameter	Waarde Valeur Value
Specific gewicht Poids spécifique Specific weight	7.8 g/cm ³
Uitrekking Allongement Elongation	> 1%
Treksterkte Résistance à la traction Tensile strength	1450 MPa ± 7,5 %



CHEMISCHE SAMENSTELLING COMPOSITION CHIMIQUE CHEMICAL COMPOSITION					
Element Element Element	C	Mn	Si	P	S
Hoeveelheid Quantité Quantity	0.09 - 0.11	0.65 - 1.10	< 0.20	< 0.060	< 0.030

VERPAKKING EMBALLAGE PACKING	Karton dozen of papier zakken van 20 of 25 kg, paletten van 1000 kg Boîtes en carton ou sacs en papier de 20 ou 25 kg, palettes de 1000 kg Carton Boxes or paper bags of 20 or 25 kg, palets of 1000 kg
---	--