DTA
DOCUMENT TECHNIQUE D'APPLICATION

3.3/19-993_V3

Relevant de la Norme

NF EN 14889-1

Valide du **05 février 2023**

au **30 septembre 2025**

Sur le procédé

Dallages industriels en béton renforcé de fibres métalliques FSI

Titulaire : **Société Fibre Systems International**

Internet : www.fsi.be

Descripteur :

Procédé pour la réalisation en France métropolitaine de dallages à usage industriel ou assimilés et à usage autre qu'industriel ou assimilés, pourvus ou non de joints de retrait, à partir d'un béton prêt à l'emploi renforcé de fibres métalliques.

Les dosages minimums sont :

- 25 kg/m3 pour dallages avec treillis de conjugaison des joints ;
- 35 kg/m3 pour dallages sans treillis ;
- 40 kg/m3 pour dallages sans treillis et sans joints de retrait autre que les arrêts de coulage.

Les fibres utilisées dans le cadre du présent DTA sont fabriquées par des sous-traitants de la société FSI :

- Les fibres XOREX 50 ;
- Les fibres FICON 50/1.0 ;
- Les fibres FICON 50/0.75 HT ;
- Les fibres FICON 60/1.0 HT.

Groupe Spécialisé n° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure

Famille de produit/Procédé : Dallage industriel en béton renforcé de fibres métalliques avec et/ou sans joints de retrait

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
V1	Révision	Loïc PAYET	Roseline BERNARDIN-EZRAN
V2	La version 2020 (révision partielle) n'intègre aucune modification.	Loïc PAYET	Roseline BERNARDIN-EZRAN
V3	Modificatif d'office : mise en cohérence des Avis Techniques de la famille avec le NF DTU 13.3 et modification de la limitation du rapport du grand côté sur le petit côté de la dalle qui doit être compris entre 1 et 1,4.	Loïc PAYET	Roseline BERNARDIN-EZRAN

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 4
1.1. Définition succincte 4
1.1.1. Description succincte 4
1.1.2. Mise sur le marché 4
1.1.3. Identification 4
1.2. AVIS....4
1.2.1. Domaine d'emploi accepté....4
1.2.2. Appréciation sur le procédé 5
1.2.3. Prescriptions Techniques 5
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 7
1.4. Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé « Valeurs d'Utilisation »....9
2. Dossier Technique....10
2.1. Données commerciales 10
Coordonnées 10
2.2. Description....10
2.3. Domaine d'emploi 10
2.4. Eléments et matériaux....10
2.4.1. Les fibres 10
2.4.2. Le béton....11
2.4.3. Adjuvants....11
2.4.4. Support du dallage / Forme / Sol sous-jacent 11
2.5. Spécifications de mise en œuvre des dallages....12
2.5.1. Mise en œuvre des fibres dans le béton....12
2.5.2. Mise en œuvre du béton en place 12
2.5.3. Arrêts de coulage et joints....12
2.5.4. Renforts ponctuels....12
2.5.5. Cure 13
2.5.6. Dispositions spéciales pour le procédé non pourvu de joints de retrait....13
2.5.7. Mise en service 13
2.5.8. Dallage extérieur....13
2.6. Principes de dimensionnement....14
2.6.1. Généralités....14
2.6.2. Contraintes de calcul à l'état limite de service 14
2.6.3. Dispositions spéciales pour les dallages sans joints....14
2.7. Contrôles 14
2.7.1. Réception du sol support....14
2.7.2. Qualité du béton 14
2.8. Réalisation et dispositions diverses....15
2.8.1. Données Environnementales....15
2.8.2. Autres références 15
2.9. Annexes du Dossier Technique....16

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé n° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 08 décembre 2022, le procédé **Dallage industriel en béton renforcé de fibres métalliques FSI**, présenté par la Société FIBRE SYSTEMS INTERNATIONAL. Il a formulé, sur ce procédé, le Document Technique d'Application ci-après. L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1. Définition succincte

1.1.1. 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 ;
- De plus, le procédé sans joints consiste en un dallage sans joints de retrait autre que les arrêts de coulage, imposant une mise en œuvre particulière.

Les types de fibres utilisées dans le cadre du présent Avis Technique sont :

- XOREX 50 ;
- FICON 50/1.0 ;
- FICON 50/0.75 HT ;
- FICON 60/1.0 HT.

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, 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 poussiérage et d'usure de la surface.

1.1.2. Mise sur le marché

En application du Règlement (UE) n° 305/2011, fibres acier visées dans le présent Avis font l'objet d'une déclaration des performances (DdP) établie par le fabricant sur la base de la norme NF EN 14889-1. Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

1.1.3. Identification

Les fibres visées 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.

1.2. AVIS

1.2.1. 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 NF DTU 13.3 P1-1-1. 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/m^3 pour dallages avec treillis de conjugaison des joints ;
- 35 kg/m^3 pour dallages sans treillis ;
- 40 kg/m^3 pour dallages sans treillis et sans joints de retraits autre que les arrêts de coulage.

Les dallages additionnés de fibres sont assimilés aux dallages non-armés conformément au NF DTU 13.3 P1-1-1.

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 ou les dallages pour lesquels une limitation de fissure est demandée au sens du NF DTU 13.3 ;
- 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/m^2 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/m^2.

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.

Le dallage sans joint ne peut être utilisé qu'en atmosphère intérieure des bâtiments.

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

Les dallages avec et sans joints répondant à la description figurant dans le Dossier Technique et entrant dans le domaine d'emploi accepté présentent une aptitude à l'emploi satisfaisante dans la mesure où leur conception et leur réalisation respectent les Prescriptions Techniques du présent Avis.

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

Les dallages visés par le présent Avis Technique doivent être constitués d'un béton satisfaisant simultanément aux spécifications du paragraphe 5.1 du NF DTU 13.3 P1-2 et aux 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+A2/CN et le dosage minimal en ciment est de 300 kg/m^3 ;
- La valeur de E/C maximale est 0,55 pour les dallages sans joints et doit être conforme au §5.1 (f) du NF DTU 13.3 P1-2 pour les dallages avec joints.

Données environnementales et sanitaires

Le procédé ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale 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

La durabilité des dallages est satisfaisante pour les emplois prévus dans le domaine d'emploi accepté. Cependant, en raison des risques inévitables de fissuration, la mise en œuvre des dallages sans joint nécessite un entretien particulier durant la vie de l'ouvrage (colmatage, rebouchage, etc.).

1.2.2.3. Fabrication et contrôle

Cet Avis est formulé en prenant en compte les contrôles et modes de vérification de fabrication décrits dans le Dossier Technique.

1.2.2.4. 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.

Pour ce qui est des dallages sans joints de retrait, et compte-tenu des précautions particulières que leur mise en œuvre nécessite, un monitorat du titulaire de l'Avis auprès des entreprises spécialisées est indispensable. Ce monitorat est destiné à faire connaître aux dites entreprises les conditions spécifiques à cette mise en œuvre et à tirer parti de l'expérience des difficultés éventuelles rencontrées sur le terrain. Ce monitorat doit porter *à minima* sur les points cités dans le chapitre 4 du Dossier Technique Etabli par le Demandeur.

Les dispositions particulières de mise en œuvre, applicables dans tous les cas, sont indiquées au paragraphe 1.2.3qui suit.

1.2.3. Prescriptions Techniques

1.2.3.1. Conditions de conception

La mise en charge du dallage conduit à des rotations anélastiques locales au droit des microfissures 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.

Prescriptions générales :

- 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 NF DTU 13.3 P1-1-1 :
  - 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 NF DTU 13.3 P1-1-1.
- Le calcul des sollicitations agissantes, des contraintes et des déformations du dallage est effectué conformément à l'annexe C du NF DTU 13.3 P1-1-1.
- 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 NF DTU 13.3.
- Les dallages doivent comporter des armatures de renforts 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 NF DTU 13.3 P1-1-1. 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 du NF DTU 13.3 P1-1-1. Dans ce cas les justifications sont conduites sur la résistance du béton non-additionné de fibres.
- L'épaisseur du dallage à exécuter sera celle issue du dimensionnement, arrondie au centimètre supérieur.

Prescriptions particulières au procédé avec joints :

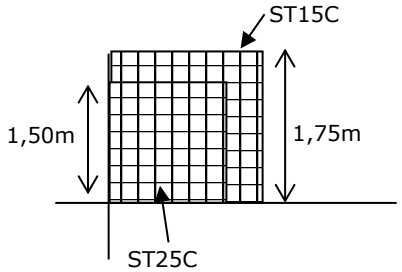
- La disposition des joints et le rapport des côtés pour les panneaux doivent respecter les prescriptions données au paragraphe 5.6.6 du NF DTU 13.3 P1-1-1.
- Les joints de retrait sont à effectuer sur une profondeur égale au tiers de l'épaisseur totale du dallage, avec une tolérance de plus ou moins 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 6.1 du NF DTU 13.3 P1-1-1.

Prescriptions particulières au procédé sans joints :

- Les dalles sans joints intermédiaires ne doivent pas dépasser 1600m². Le rapport du grand côté sur le petit côté doit être compris entre 1 et 1,4. L'espacement maximal entre deux joints ne sera pas supérieur à 40m. Les arrêts de coulage qui délimitent ces panneaux sont sujets à des ouvertures plus grandes et requièrent plus de soins. Ils doivent pouvoir fonctionner dans les deux sens de façon horizontale tout en s'opposant aux mouvements verticaux.
- Le dallage sans joint doit être réalisé en une seule opération de coulage, en continu, avec un béton provenant d'une seule centrale. Si ces conditions ne peuvent pas être réunies, un arrêt de coulage doit être prévu. Ce point est à examiner précisément en amont, dès la phase conception.
- Le retrait est à prendre en compte dans le dimensionnement conformément à l'annexe C, paragraphe 4.1.1, du NF DTU 13.3 P1-1-1. Ce retrait peut soit se matérialiser sous la forme de microfissures réparties, soit par l'ouverture importante des arrêts de coulage ou par un compromis des deux. Ceci dépend de l'épaisseur du dallage, du chargement, des conditions d'exploitation et, de façon importante, des dimensions en plan et du coefficient de glissement, le dallage devant pouvoir se déplacer avec un minimum de retenue par rapport à la forme. A cet égard, le dallage sans joints doit être réalisé obligatoirement sur une couche de sable dont l'épaisseur varie entre 5 et 20 mm. La couche de sable pourra éventuellement être recouverte d'un film de polyéthylène percé (une nappe exclusivement). Pour les halls frigorifiques avec isolant sous dallage, la couche de glissement sera assurée par un film de polyéthylène non percé de 150 µm (une nappe exclusivement) disposé sur l'isolant. Pour le calcul du retrait, la dimension en plan à prendre en compte est la plus grande dimension délimitée par les arrêts de coulage et le coefficient de frottement dallage-forme à considérer est de 0,5 correspondant à la présence de la couche de sable.
- Le dallage sans joints est plus adapté aux bâtiments larges et ouverts qui ont un minimum d'intrusions comme les poteaux. Cependant, il faut s'attendre à des fissures. Pour les prévenir au mieux, les dispositions de renforts aux points singuliers devront respecter les plans de principe donnés en annexe au Dossier Technique.
- Le dosage en fibres métalliques est d'au moins 40 kg/m³ pour le dallage sans joints.
- La conception sans joints de retrait élimine en principe les cas de bord et de coin, compte tenu de la grande dimension des panneaux, permettant ainsi de disposer les charges de rayonnages, qui le plus souvent deviennent dimensionnantes, à une distance suffisante du joint. Cependant, si ceci n'est pas faisable ou en cas de charges roulantes importantes pouvant influencer le dimensionnement et dans l'hypothèse qu'on ne puisse pas exclure le chargement au bord et/ou au coin, le(s)

cas de charge adéquat(s) doit (doivent) être pris en compte (confer NF DTU 13.3). Il est alors loisible si besoin, dans les coins exclusivement, de procéder à un renforcement ponctuel par treillis soudés. Cette disposition n'est pas permise en bord. Les treillis soudés seront calés en nappe haute, en respectant un enrobage de 3 cm minimum, dans chaque angle formé par les intersections des arrêts de coulage.

- Le dimensionnement des armatures sera effectué conformément à l'Eurocode NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale par un calcul à l'état limite de service sans prendre en compte la présence des fibres mais sans qu'il soit nécessaire en retour de respecter un pourcentage minimal d'armature. Si la section déterminée est supérieure à 1,42 cm² (ST15C), la section nécessaire doit être obtenue par l'ajout d'un deuxième treillis placé sous le ST15C. La section d'armature calculée sera mise en œuvre sur une surface carrée de longueur d'arête égale à la longueur de soulèvement du coin (confer annexe C du NF DTU 13.3 P1-1-1) augmentée de la longueur d'ancrage. Lorsque deux treillis sont nécessaires, le ST15C sera mis en œuvre sur une surface carrée de longueur d'arête supérieure d'une longueur d'ancrage à celle définie ci-dessus. Cette disposition vise à limiter le risque de fissures aux abouts des treillis par diminution progressive de la section.
- Exemple : pour une longueur de soulèvement L_{sa} = 1,15 m et une section d'armature nécessaire A = 3,56 cm²/ml, on disposera un treillis ST15C sur un treillis ST25C (section totale 3,99 cm²/ml). Les dimensions minimales des renforts seront :
  - LST25Cmin = 1,15 + 0,28 = 1,43 m
  - LST15Cmin = LST25C + 0,24 m



-

- Pour les dallages sans joint, il est rappelé qu'en l'absence de renforts supérieurs dans les angles, le calepinage est conditionné par la disposition des charges.

1.2.3.2. Conditions de 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 et annexé au présent Avis Technique.
- La vérification de la conformité du dallage aux prescriptions de conception, notamment concernant les tolérances d'épaisseur et les mesures d'épaisseur devra être réalisée suivant le paragraphe 8.1 du NF DTU 13.3 P1-1-1.
- Il convient de réaliser un contrôle en compression et un contrôle en traction par fendage du béton blanc pour chaque coulage.

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

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.

Lors de la séance du 13 février 2018 le Groupe a souhaité préciser que les valeurs de dimensionnement à prendre en compte sont les valeurs données en annexe du présent Avis pour le dosage et la fibre précisés.

Le Groupe Spécialisé n°3.3 attire l'attention des utilisateurs de l'Avis sur les précautions particulières à prendre pour la réalisation des dallages non pourvus de joints de retrait et sur le haut niveau de technicité qu'ils requièrent de la part des entreprises spécialisées les mettant en œuvre. C'est la raison pour laquelle le paragraphe 1.2.2.4du présent Avis Technique rappelle, dans ce cas, la nécessité d'un monitorat du titulaire de l'Avis auprès des entreprises spécialisées utilisant cette technique.

Le Groupe Spécialisé n°3.3 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 replacement de celles définies en Annexe 3 du Cahier du CSTB n°3416:

- 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 ftm utilisé est de 4.3 MPa, confirmé par les essais de résistance à la traction par flexion sur prismes en béton blanc.

1.4.Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé « 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 classe de résistance C 30/37.

Tableau 1

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 HT	FICON 60/1.0 HT
25 kg/m^3	ND	3,6	3,6	ND
35 kg/m³	4,7	4,3	ND	4,9
40 kg/m^3	ND	ND	ND	5,4

Tableau 2

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 HT	FICON 60/1.0 HT
25 kg/m^3	ND	2,8	2,8	ND
35 kg/m³	3,1	3,0	ND	3,3
40 kg/m^3	ND	ND	ND	3,4

Pour le cas d'utilisation d'un béton de classe de résistance C35/45 il y a lieu de multiplier les valeurs des tableaux précédents par le coefficient correspondant dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3

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

2. Dossier Technique

Issu du dossier établi par le titulaire

2.1. Données commerciales

Coordonnées

Titulaire : Société Fibre Systems International
Noorwegenstraat 51
BE – 9340 EVERGEM
Tél. : +32.9.227.47.44
Email : info@fsi.be
Internet : www.fsi.be

2.2. Description

Le dallage FSI est un dallage industriel en béton renforcé de fibres métalliques avec ou sans joints de retrait.

Les fibres considérées dans ce dossier sont les fibres XOREX 50, FICON 50/1.0, FICON 50/0.75 HT et FICON 60/1.0 HT.

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 2.5.8.

2.3. Domaine d'emploi

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 NF DTU 13.3 P1-1-1.

Le procédé de dallages FSI avec joints s'applique aux dallages intérieurs et extérieurs. Le procédé de dallages FSI sans joints s'applique exclusivement aux dallages intérieurs.

Pour les deux procédés (avec ou sans joints) 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 NF DTU 13.3 P1-1-1.

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.

2.4. Eléments et matériaux

2.4.1. Les fibres

2.4.1.1. Dénomination et utilisation des fibres

Il s'agit de fibres fabriquées à partir d'acier tréfilé à froid : XOREX 50, FICON 50/1.0, FICON 50/0.75 HT et FICON 60/1.0 HT.

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

Les dosages de fibres à utiliser sont de 25kg/m3, de 35 kg/m3 et de 40 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, FICON 50/0.75 HT, FICON 50/1.0 et FICON 60/1.0 HT sont annexées au présent Dossier Technique.

2.4.1.2. Fabrication des fibres

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.

2.4.1.3. Contrôle de fabrication des fibres

Les fibres XOREX 50 et FICON 50/1.0 sont fabriquées dans l'usine ci-dessous :
Site de fabrication FSI
Al Kanater Al Khareiya
Qalioubiya

Egypte.

Les fibres FICON 50/0.75 HT et FICON 60/1.0 HT sont fabriquées dans l'usine ci-dessous :
Site de production FSI
Vodoprovodnaya str.16
65007 Odessa
Ukraine.

Le contrôle des fibres est réalisé sur 3 niveaux :

1 – Au niveau de la production : Contrôle sur la base des procédures CE par l'institut qui a délivré le marquage CE – BCCA (Belgique) pour les fibres XOREX 50 et FICON 50/1.0 et STATYBOS (Lituanie) pour les fibres FICON 60/1.0 HT et FICON 50/0.75 HT.

2 – Au niveau de la réception dans le magasin FSI situé en Belgique : Vérifications dimensionnelles sur 25 échantillons par camion de 25T.

3 – Au niveau du stockage dans le magasin FSI situé en Belgique : Contrôle qualité sur la base des procédures générales CE par le BCCA (Belgique).

2.4.2. Le béton

Il doit respecter les exigences suivantes :

1) être conforme à la norme NF EN 206+A2/CN.

2) Les ciments utilisables sont :

Pour le procédé pourvu de joints de retrait : CEM I, CEM II/A ou CEM II/A exclusivement.

Pour le procédé non pourvu de joints de retrait :

- CEM I 42,5 N
- CEM I 42,5 PM
- CEM II/A-S 42,5 N
- CEM II/A-P 42,5 N
- CEM II/A-V 42,5 N
- CEM III/A 42,5 N
- CEM III/B 42,5 N

Le choix final du ciment à utiliser doit le cas échéant tenir compte des conditions météorologiques (température de bétonnage, risque de gel…) en cours lors de la réalisation du chantier.

Le dosage en ciment doit être :

≥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

3) avoir un rapport maximal Eau efficace / liant équivalent de 0,55 pour les dallages sans joints et conforme au §5.1 (f) du NF DTU 13.3 P1-2 pour les dallages avec joints.

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 vibrante, mécanique ou hydraulique, ou bien être de consistance S4.

2.4.3. 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 super fluidifiant sera conforme aux prescriptions du fabricant. En cas d'utilisation de plusieurs adjuvants, les comptabilités entre les différents produits devront être vérifiées. L'ajout de super fluidifiant pourra être fait en centrale ou sur chantier.

2.4.4. 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, 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 3.9, 5.1.2, 7.1, 9 et Annexe A du NF DTU 13.3 P1-1-1.

2.5. Spécifications de mise en œuvre des dallages

2.5.1. 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 2.4.3 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 paragraphe2.7.2.

2.5.2. Mise en œuvre du béton en place

La mise en œuvre du dallage est interdite sur support gelé. La température ambiante doit être conforme au §7.3.2 du NF DTU 13.3 P1-1-1.

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 ±10mm.

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 aux NF DTU 13.3 P1-1-1 et au §7 du NF DTU 13.3 P1-2.

2.5.3. 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 au NF DTU 13.3 P1-1-1 paragraphes 5.6 et 7.3.6. 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.

Joints de construction et 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 5.6 du NF DTU 13.3 P1-1-1 pour les joints de type 2 ou 3.

La pose se passe avant que le bétonnage ne commence, les parties mâle et femelle étant préassemblées 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.

Les dalles sans joints intermédiaires ne doivent pas dépasser 1600m². Le rapport du grand côté sur le petit côté doit être compris entre 1 et 1,4. L'espacement maximal entre deux joints ne sera pas supérieur à 40m.

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 5 et 20 mm, et d'autre part les dimensions maximales des mailles n'excèdent pas les valeurs données au paragraphe 5.6.6. du NF DTU 13.3 P1-1-1.

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 épaufrure. Lorsque le bétonnage a eu lieu par temps froid, il faut tenir compte d'un retard de durcissement éventuel.

2.5.4. 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.

2.5.5. 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 7.3.5 du NF DTU 13.3 P1-1-1. 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

2.5.6. Dispositions spéciales pour le procédé non pourvu de joints de retrait

Ce procédé nécessite une attention particulière par rapport aux dallages à joints sciés, compte tenu des contraintes de retrait complémentaire engendrées par la dimension des panneaux.

Pour ces raisons l'ensemble des exigences définies ci-dessous doit être respecté pour garantir le bon fonctionnement de ce type de dallage :

- La longueur maximale des panneaux doit être inférieure à 40 m.
- Les dispositions de protection et de renforcement du paragraphe 2.5.3 ci-dessus s'appliquent que les arrêts de coulage soient circulés ou non. En particulier, les panneaux sont reliés entre eux par des arrêts de coulage munis d'un système de transfert de charge autorisant les mouvements bidirectionnels dans leur plan
- Aucune liaison des panneaux avec des zones de quai (à isoler au moyen d'un arrêt de coulage), longrines, massifs… n'est permise
- Les angles rentrants importants doivent être évités
- Le bâtiment doit être protégé des courants d'air
- Le bâtiment doit être hors d'eau
- La tolérance de nivellement de la plate-forme est limitée à + - 10 mm maximum
- La composition du béton doit être étudiée avec le BPE pour que la prise et le retrait soient maîtrisés : éviter les agrégats de faible diamètre : si possible Dmax > 22,4 mm, sans jamais descendre en dessous de 20 mm et viser une évolution de la résistance du béton « moyenne ou lente » (Selon le tableau 12 – article 7.2 de la norme NF EN 206+A2/CN)
- Une valeur de E/C de 0,55 maximum pour les dallages sans joints et doit être conforme au §5.1 (f) du NF DTU 13.3 P1-2 pour les dallages avec joints
- La fourniture du béton doit être régulière pour éviter toute reprise de bétonnage
- Les points singuliers doivent être renforcés (cf. paragraphe 2.5.4) au moyen de barres posées sur nappe de treillis supérieure : Exemple : ST25C calé + 3 barres de diamètre 12 mm ou 5 barres de diamètre 10 mm
- Aucun point dur ne doit être présent sous le dallage : tout élément de structure dont le tassement est inférieur à celui du dallage
- La hauteur de la mousse ou du polystyrène de désolidarisation doit être au moins égale à l'épaisseur du dallage + 20 mm
- L'épaisseur de la mousse ou du polystyrène de désolidarisation doit être au moins égale à 10 mm en périphérie et 20 mm autour des poteaux
- Les poteaux métalliques doivent être refermés au moyen de tôles (inclure DEP, contreventements…)
- Pour améliorer la cure présentée au paragraphe 2.5.5, il peut être envisagé une mise sous eau pendant au moins 14 jours pour les cas où le tableau du paragraphe 2.5.5 conduirait à retenir une période plus courte.

2.5.7. Mise en service

Conformément au §10 du NF DTU 13.3 P1-1-1, le dallage pourra être mis en service :

- Après 48 heures de séchage pour le trafic piéton
- Après 10 jours pour les autres charges admissibles par le dallage à cet âge
- Après 28 jours de séchage pour une utilisation normale

2.5.8. 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.
- Les distances entre joints seront conformes aux dispositions du NF DTU 13.3 P1-1-1.

2.6. Principes de dimensionnement

2.6.1. 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 NF DTU 13.3 P1-1-1 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.

2.6.2. 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.

2.6.3. Dispositions spéciales pour les dallages sans joints

Le dimensionnement des bords et des angles est à examiner en périphérie des surfaces pouvant aller jusqu'à 1600 m².

2.7. Contrôles

L'entreprise de dallage 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.

2.7.1. Réception du sol support

La plate-forme est réceptionnée 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.

2.7.2. Qualité du béton

2.7.2.1. 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.

2.7.2.2. Ouvrabilité

L'ouvrabilité S doit être vérifiée par l'utilisateur au cône d'Abrams (Slump) suivant la norme EN 12350-2, sur le béton, après l'addition des fibres et du fluidifiant. La classe de consistance sera S4 minimum selon la norme NF EN 206+A2/CN § 4.2.1, obtenue par utilisation de super plastifiant, et en aucun cas par ajout d'eau.

Affaissement, essai selon l'EN 12350-2 après ajout de fibres + fluidifiant	Classe de consistance minimum
mise en œuvre mécanique	S4
mise en œuvre manuelle	S4

2.7.2.3. Mesure du dosage en fibres

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

2.7.2.4. Résistances mécaniques

Il convient de réaliser un contrôle en compression et un contrôle en traction par fendage du béton blanc pour chaque coulage.

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.

2.8. 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 4 du présent Dossier Technique. Avant de démarrer les travaux, une liste explicite avec croquis ou un plan repérant tous les points à risque (regards, caniveaux, poteaux, autres points fixes, descentes d'eau pluviales, tuyaux ensevelis, génie civiles spécifiques…) est à dresser. Cette liste ou plan doit également indiquer la solution retenue pour éviter des problèmes futurs.

La réalisation du dallage sans joint FSI est encadrée par un Plan d'Assurance Qualité reproduit en Annexe 4 du présent Dossier Technique.

2.8.1. Données Environnementales[1]

Le procédé ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). 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 produits (ou procédés) visés sont susceptibles d'être intégrés.

2.8.2. Autres références

Maître d'ouvrage	Localisation	Type	Surface totale de l'ouvrage (m^2)	Date de réception	Fibre	Epaisseur dallage (cm)	Dosage (kg/m3)
Port de Boulogne CCI	Port de Boulogne	Dallage industriel avec joints	11000	2010	XOREX 50	19	20
Toyo Ink	Villers Saint Paul	Dallage industriel avec joints	850	2012	XOREX 50	20	20
Pidou	Calais	Dallage industriel avec joints	750	2012	XOREX 50	15	35
FM Logistic	Resson-sur-Matz	Dallage industriel sans joints	5950	2012	FICON 60/1.0 HT	19	40

[1] Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet avis.

2.9.Annexes du Dossier Technique

Partie Tableaux et figures

ANNEXE 1 : FICHE TECHNIQUE DE LA FIBRE XOREX 50

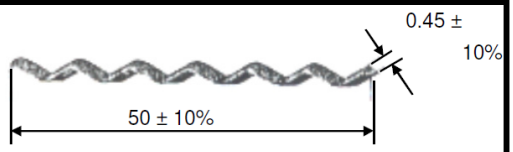
PRODUCT SPECIFICATIE - TECHNISCHE FICHE - XOREX 50
SPECIFICATION DU PRODUIT - FICHE TECHNIQUE - XOREX 50
PRODUCT SPECIFICATION - TECHNICAL SHEET - XOREX 50

BESCHRIJVING *DESCRIPTION* *DESCRIPTION*	**Gegolfde Staalvezels voor betonwapening** *Fibres d'acier ondulées pour renforcement de béton* *Undulated Steel Fibers for concrete reinforcement*

DIMENSIONERING *DIMENSIONS* *DIMENSIONS*	
Parameter *Paramètre* *Parameter*	**Waarde** *Valeur* *Value*
Lengte *Longueur* *Lenght*	50 ± 10%
Dikte *Epaisseur* *Thickness*	0.45 ± 10%
Breedte *Largeur* *Width*	2.25 ± 10% mm
Equivalente diameter *Diamètre équivalent* *Equivalent diameter*	1,1 ± 1.40 mm
Amplitude van de golven *Amplitude des ondulation* *Amplitude of undulations*	> 1 mm
Aantal golven *Nombre d'ondulations* *Number of undulations*	6 -7

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN *CARACTERISTIQUES PHYSIQUES* *PHYSICAL PROPERTIES*	
Parameter *Paramètre* *Parameter*	**Waarde** *Valeur* *Value*
Specific gewicht *Poids specifique* *Specific weight*	7.8 g/cm³
Uitrekking *Allogement* *Elongation*	> 1%
Treksterkte *Résistance à la traction* *Tensile strength*	800 MPa ±15%

VORM
FORME
SHAPE



CHEMISCHE SAMENSTELLING *COMPOSITION CHIMIQUE* *CHEMICAL COMPOSITION*						
Element *Element* *Element*	**C**	**Mn**	**Si**	**Cr**	**P**	**S**
Hoeveelheid *Quantité* *Quantity*	0.06 - 0.11	0.65 - 1.10	< 0.20	16 - 18	< 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*

CE	**EC Certificataat van gelijkvormigheid EN 14889-1:2006 / AoC(1)** *EC Certifcat de Conformité No. EN 14889-1:2006 / AoC(1)* *EC Certifcate de Conformity No. EN 14889-1:2006 / AoC (1)*

ANNEXE 2 : FICHES TECHNIQUES DES FIBRES FICON

PRODUCT SPECIFICATIE - TECHNISCHE FICHE - FICON 50/1.0

SPECIFICATION DU PRODUIT - FICHE TECHNIQUE - FICON 50/1.0

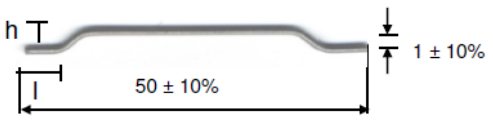
PRODUCT SPECIFICATION - TECHNICAL SHEET - FICON 50/1.0

BESCHRIJVING *DESCRIPTION* *DESCRIPTION*	**Eindverankerde Staalvezels voor betonwapening** *Fibres d'acier crochetées pour renforcement de béton* *Endhooked Steel Fibers for concrete reinforcement*

DIMENSIONERING *DIMENSIONS* *DIMENSIONS*	
Parameter *Paramètre* *Parameter*	**Waarde** *Valeur* *Value*
Lengte *Longueur* *Lenght*	50 ± 10 %
Diameter *Diamètre* *Diameter*	1.0 ± 10 %
L/D *L/D* *L/D*	50 ± 15 %
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*	α = 45° ± 7°

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN *CARACTERISTIQUES PHYSIQUES* *PHYSICAL PROPERTIES*	
Parameter *Paramètre* *Parameter*	**Waarde** *Valeur* *Value*
Specific gewicht *Poids specifique* *Specific weight*	7.8 g/cm³
Uitrekking *Allogement* *Elongation*	> 1%
Treksterkte *Résistance à la traction* *Tensile strength*	1000 MPa ± 15 %

VORM
FORME
SHAPE



CHEMISCHE SAMENSTELLING
COMPOSITION CHIMIQUE
CHEMICAL COMPOSITION

Element *Element* *Element*	**C**	**Mn**	**Si**	**P**	**S**
Hoeveelheid *Quantité* *Quantity*	0.19	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*

CE	**EC Certificataat van gelijkvormigheid EN 14889-1:2006 / AoC(1)** *EC Certifcat de Conformité No. EN 14889-1:2006 / AoC(1)* *EC Certifcate de Conformity No. EN 14889-1:2006 / AoC (1)*

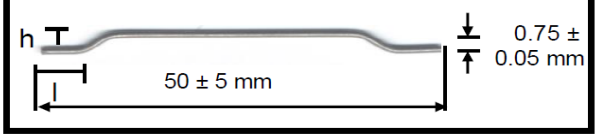
PRODUCT SPECIFICATIE - TECHNISCHE FICHE - FICON 50/0.75 H.T.
SPECIFICATION DU PRODUIT - FICHE TECHNIQUE - FICON 50/0.75 H.R.
PRODUCT SPECIFICATION - TECHNICAL SHEET - FICON 50/0.75 H.T.

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* *Lenght*	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*	α = 45° ± 7°

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN *CARACTERISTIQUES PHYSIQUES* *PHYSICAL PROPERTIES*	
Parameter *Paramètre* *Parameter*	**Waarde** *Valeur* *Value*
Specific gewicht *Poids specifique* *Specific weight*	7.8 g/cm³
Uitrekking *Allogement* *Elongation*	> 1%
Treksterkte *Résistance à la traction* *Tensile strength*	1450 MPa ± 7,5 %

VORM
FORME
SHAPE



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*

PRODUCT SPECIFICATIE - TECHNISCHE FICHE - FICON 60/1.0 H.T.

SPECIFICATION DU PRODUIT - FICHE TECHNIQUE - FICON 60/1.0 H.R.

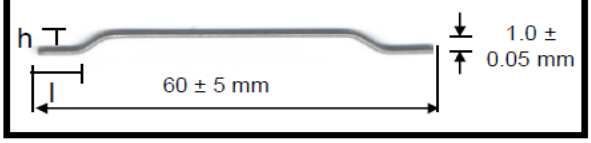
PRODUCT SPECIFICATION - TECHNICAL SHEET - FICON 60/1.0 H.T.

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* *Lenght*	60 ± 5 %
Diameter *Diamètre* *Diameter*	1.0 ± 5 %
L/D *L/D* *L/D*	60 ± 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*	α = 45° ± 7°

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN *CARACTERISTIQUES PHYSIQUES* *PHYSICAL PROPERTIES*	
Parameter *Paramètre* *Parameter*	**Waarde** *Valeur* *Value*
Specific gewicht *Poids specifique* *Specific weight*	7.8 g/cm³
Uitrekking *Allogement* *Elongation*	> 1%
Treksterkte *Résistance à la traction* *Tensile strength*	1500 MPa ± 7,5 %

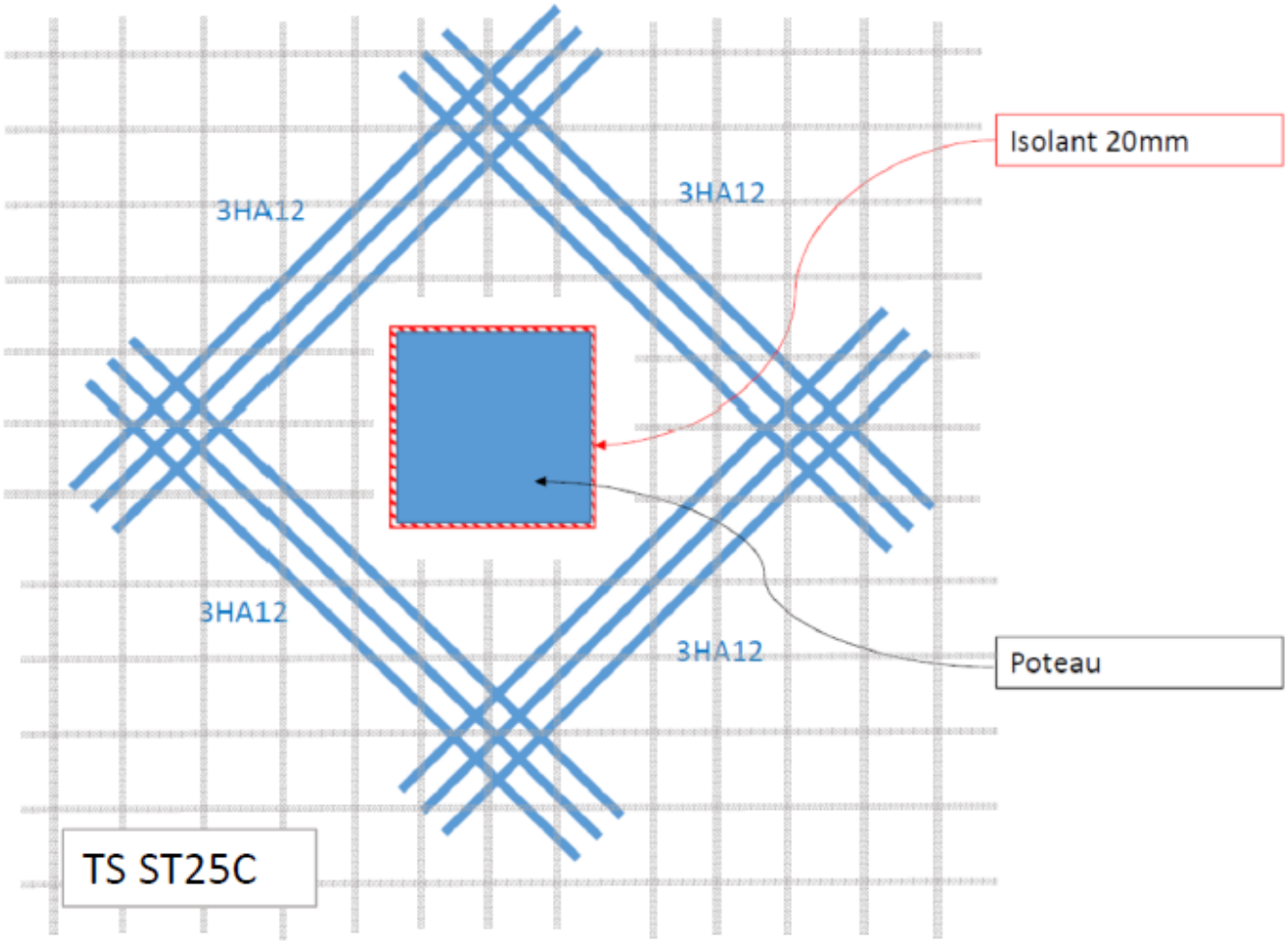
VORM
FORME
SHAPE



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*

ANNEXE 3 : SCHEMA DE PRINCIPE DES RENFORTS A PREVOIR AUTOUR D'UN POINT SINGULIER (POTEAU)



ANNEXE 4 : PLAN D'ASSURANCE QUALITE DALLAGES SANS JOINTS

PLAN ASSURANCE QUALITE DALLAGES SANS JOINTS SCIES

DALLAGES RENFORCES DE FIBRES METALLIQUES FSI FICON et XOREX
Suivant *Document Technique d'Application du CSTB et le DTU 13.3 - NF P11-213*

Préparation - Mise en œuvre - Contrôles

CONTRÔLES	OUI	NON	COMMENTAIRES
1. CONTRÔLES AVANT COULAGE			
- SOL pris en compte dans les calculs du dallage			➔ Epaisseurs et modules de déformation Es validés par le géotechnicien ou l'entreprise de confortement éventuel du sol
- Note de calculs de la zone 1 N° :			
- Note de calculs de la zone 2 éventuelle N° :			
- Plan conforme à la note de calcul détaillée			➔ Notamment dimension des panneaux, distances entre charges et joints de construction...
- Béton conforme à la note de calcul			➔ Résistance caractéristique en compression du béton en MPa
- Aucune réserve du bureau de contrôle technique sur tous les documents d'exécution du dallagiste			
2. RÉCEPTION DE L'ENVELOPPE			
Le bâtiment est étanche à l'eau pour la surface concernée où l'on coule			
Aucun courant d'air significatif susceptible de provoquer une dessiccation trop rapide du béton pour la surface concernée de coulage			
3. RÉCEPTION DU SUPPORT			
- ASPECT DU SUPPORT (Contrôle visuel)			
Le support paraît homogène sur toute sa surface			
Pas de points ou de zones durs			
Pas de zones de plus faible portance			
- COUCHE DE GLISSEMENT (OBLIGATOIRE)			
Couche de glissement constituée par une fine couche de sable (saupoudrage) avec un matériel adapté			
			➔ toute épaisseur supérieure à 10 mm est déconseillée (orniérage)
. Sable avec film polyéthylène			➔ S'assurer de son bon positionnement pour éviter les plis ou relèvement des bords
Couche de glissement fermée au moyen d'un cylindre			
Couche de glissement humidifiée en l'absence d'un fim polyéthylène			
Couche de glissement réalisée au moyen d'une autre solution dûment justifiée (Précisez)			
- PORTANCE DE LA COUCHE DE FORME			
1. Contrôle LCPC du compactage			➔ Nombre d'essais conseillés : 1 par 500 m2 avec un minimum de 3 sauf spécifications particulières des DPM sans jamais être inférieur aux exigences du DTU 13.3 : (3 essais min. + 1 par 1000 m2)
- Nombre d'essais :			
- EV2 minimum (MPa) = avec EV2/EV1 =			**EV2 à obtenir ≥ MPa**
- EV2 maximum (Mpa) = avec EV2/EV1 =			**EV2/EV1 à obtenir ≤**
- Test de circulation d'un camion d'au moins 30 T			
La circulation en tout point de la surface, y compris le long des poteaux, des rives, des quais et sur tranchées, ne fait apparaître aucun orniérage ni matelassage			

- NIVELLEMENT DU SUPPORT			**Niveau de référence :**
			Situé (une référence par cellule) :
Epaisseur nominale requise du dallage : cm			
Il n'y a pas d'irrégularités brusques du support (marches, trous, rainures)			
Etablissement d'un plan de relevés de niveaux selon un maillage de +/- 6.00 m x 6.00 m ; celui-ci démontre le respect du niveau théorique du support avec une tolérance de + 1 cm / - 1 cm			→ le relevé altimétrique conseillé du support doit être effectué selon un maillage de +/- 6.00 m x 6.00 m sauf spécifications particulières des DPM sans jamais être supérieur à un maillage de 10.00 m x 10.00 m selon le DTU 13.3 → la tolérance du niveau théorique du support est + 1 cm / - 1 cm selon le DTU 13.3 sauf spécifications plus sévères des DPM
Le contrôle contradictoire du support a été effectué par les entreprises de VRD et de dallage + le représentant de la Maîtrise d'œuvre ou le Contrôleur extrene missioné par celle-ci.			→ le relevé altimétrique du support doit être écrit et conservé
- Niveaux :			
Niveau théorique du support = - cm			→ **ATTENTION** : Tenir compte de la couche de glissement de 10 mm d'épaisseur pour le niveau théorique de la couche de forme
- Minimum :			
- Maximum :			
- Moyen :			
4. TRAVAUX PREPARATOIRES			
- PLOTS OU TÔLES DE DESOLIDARISATION AUX POTEAUX METALLIQUES ET/ OU DEP			
Les éventuels plots ou tôles de désolidarisation prévus autour des poteaux métalliques, des DEP, des contreventements, du sprinklage, … sont bien réalisés suivant plan (dimensions et niveaux)			
- Aucun ancrage des panneaux avec des zones de quai, longrines, massifs, dallage existant…			→ Les dallages sans joints sciés doivent être impérativement désolidarisés des zones de quai par un joint de construction bidirectionnel
- POSE ET PROTECTION DES TAMPONS			
Les parois du regard sont arasées au niveau fini du support Le cadre est posé sur coffrage ; Le coffrage est fixé à l'intérieur du "trou".			→ Principe à respecter pour conserver l'épaisseur du dallage au droit des regards et pour éviter que ceux-ci soient des points fixes. → Schéma de principe avec coupe disponible sur demande
- JOINTS D'ISOLEMENT			
Mousse de polyéthylène ou autre matériau compressible			
Epaisseur minimale :			
. Contre parois = 10 mm			
. Autour des poteaux = 20 mm			
Continus à la périphérie des dallages			
Cette mousse repose en tout point sur la couche de forme			→ Mousse bien positionnée pour éviter tout contact entre le dallage et le poteau
Mousse auto-collante ou fixée avec un système adéquat			
- ARMATURES DE RENFORT			
Armatures placées aux points singuliers selon plans			
Armatures calées en partie supérieure et barres de renforts ligaturées			
- JOINTS DE CONSTRUCTION :			
→ **Munis d'un système de transfert de charge autorisant les mouvements bidirectionnels horizontaux :**			→ Toutes les intersections des joints de construction doivent être traitées avec des pièces spécifiques prévues par le fabricant de joint.
- Marque & type :			
Hauteur des coffrages = mm			→ hauteur = épaisseur du dallage - 20 mm
Toutes les vis et écrous métalliques de maintien durant le transport sont enlevés avant coulage.			
Joints placés suivant plan de calepinage			
Niveau des joints controlé.			
Piquets de maintien des joints coupés au ras de la plate forme ou enlevés avant les coulages des phases adjacentes.			
Le béton d'une phase antérieure passé sous le coffrage ne déborde pas de plus de 30 mm de l'aplomb de cet arrêt de coulage :			
- DALLAGES LIAISONNÉS AUX QUAIS, SEUILS OU OUVRAGES SIMILAIRES (DALLE DE TRANSITION)			
Dallage renforcé de TS et désolidarisé du dallage SANS JOINT SCIES au moyen d'un joint de construction bidirectionnel :			
5. AVANT LE BETONNAGE			
- COMPOSITION DU BETON **Type de ciment :**			→ L'objectif global visé de la formule béton est de travailler avec le minimum de sable et de ciment, un rapport E/C adapté et tout en ayant suffisamment de pâte pour un bon ancrage des fibres.
Nombre de centrales :			→ Une seule centrale par phase ou zone de coulage, sauf dans le cas où la formule et la provenance des granulats et du ciment est identique
Classe de résistance du béton :			
Type de granulats :			
Teneur en ciment : kg / m³			
Ciment issu de la liste préconisée par le CSTB dans l'Avis Technique			
Fuseau granulométrique du squelette inerte continu			
La courbe donnée par le BPE est proche du fuseau proposé par FSI			
Module de Finesse : MF < 3			→ Module de Finesse MF donné par le BPE
Rapport Eau efficace / Ciment (E/C) ≤ 0,55			→ Le rapport E/C ou Eau efficace / liant équivalent est déterminant - 0,55 selon EN 206, n'est pas une valeur cible - L'objectif est de garantir un minimum de retrait tout en gardant une hydratation suffisante pour incorporer la couche d'usure.

- TYPE DE FIBRE			
FICON 50/1.00			
FICON 50/0.75			
XOREX®			
Dosage fibres métalliques : **40 kg / m³**			➔ Etablir un tableau du nombre de cartons de 25 kg à introduire dans la toupie en fonction du volume de celle-ci.
- TEMPERATURE DE MISE EN ŒUVRE			
La température ambiante à l'endroit du coulage est de min. 3°C (selon DTU 13.3)			
6. PENDANT LE BETONNAGE			
PRESENCE D'UN LABORATOIRE SUR SITE			➔ Organisme extérieur conseillé pour réaliser les contrôles sur le béton
- MISE EN PLACE DU BETON			
. Déversement direct à la goulotte			
. A la pompe			
- RECEPTION DU BETON SUR SITE			
Durée entre fabrication et mise en œuvre :			➔ Durée maximale conseillée : 1H00
Les bons de livraison correspondent aux indications du point 5 (composition du béton)			
Les bons de pesée montrent bien le respect du rapport E efficace /C :			
- Nombre de contrôles :			
A la réception, les affaissements au cône d'Abrams sont comprises			
entre : et mm			
Valeur minimum = mm			
Valeur maximum = mm			
Nombre de contrôle au cône d'Abrams :			➔ Au minimum, mesure sur les 3 premières toupies puis toutes les 5 toupies
- INCORPORATION DU FLUIDIFIANT SUR SITE			➔ Utilisation d'un doseur automatique ou d'un seau gradué
- Marque :			
- Dosage à respecter selon fiche technique du fabricant :			
entre : et litres /m³			
- Dosages : litres /m³			
- INCORPORATION DES FIBRES			
Type des fibres : **FICON 50/1.00**			
FICON 50/0.75			
XOREX®			
Quantité de fibres incorporée : 40 kg/m³ conforme à la quantité prévue			
1. Incorporation des fibres sur site en camion malaxeur :			
. Tableau du nombre de sacs à introduire donné à l'opérateur			
. Incorporation par bande transporteuse			➔ Méthode permettant d'introduire les fibres de manière progressive
. Incorporation directe dans la goulotte (déconseillée)			
. Autre moyen : Machine, doseur, skip… (A préciser)			
. Vitesse de rotation de la toupie pendant l'introduction = 12 tours / minute			➔ Très important pour garantir un mélange homogène
. Contrôle nombre de sacs par toupie en fonction de son volume et du dosage prescrit :			
. Vitesse d'introduction des fibres (maxi 60 kg / minute)			
. Temps de malaxage à pleine vitesse = 4 minutes minimum			
2. Incorporation des fibres en centrale :			➔ Fibres introduites dans le malaxeur en même temps que les agrégats
3. Contrôle du béton avant coulage			
- Contrôles au cône d'Abrams après fluidification et introduction fibres :			
Nombre de contrôles au cône d'Abrams :			
Valeur minimum = mm			
Valeur maximum = mm			

- RESPECT DES SÉQUENCES OPERATIONNELLES			
Les séquences suivantes sont respectées :			
Dans le cas d'une couche de glissement ne résistant pas à la giration des toupies, "recylindrage" au fur et à mesure du coulage :			
- Mise en place manuelle du béton			
. Nivellement du béton à la règle avec utilisation d'une règle vibrante flottante			
- Mise en place mécanique du béton (Laser Screed)			
- Vibration du béton le long des joints de construction, des guides de bétonnage, des quais et au droit de tout renfort.			
- Finition avec épandage manuel du durcisseur			
- Finition avec épandage mécanique du durcisseur			
- Les renforts ponctuels sont bien restés en place après le passage des machines			
. Surfaçage à la taloche mécanique (talochage)			
- Mise en place de la couche d'usure immédiatement après talochage :			
- Polissage à la taloche mécanique			
- Pulvérisation d'un produit de cure			➔ Pulvérisation le plus tôt possible et de préférence à l'avancement de la finition
. Marque :			
. Dosage : litres / m³			
- Protection par film polyéthylène arrosé ou géotextile mouillé			
- Cure par mise sous eau			
- EPAISSEUR DU DALLAGE SATISFAISANTE			
Epaisseur minimale prévue : m			
Epaisseur moyenne déduite des bons de livraison du béton ↓			
m³ / m² = m			
- PRELEVEMENT D'EPROUVETTES : CYLINDRE 16 x 32			
- 6 éprouvettes prélevées par phase et par centrale :			
- VERIFICATION DU DOSAGE EN FIBRES METALLIQUES			
- par comptage des sacs incorporés dans les toupies			
- par pesage après délavage ou utilisation d'un noyau magnétique			
. Nombre de prélèvements :			
. Valeur maxi :			
. Valeur mini :			
. Valeur moyenne :			
7. APRES LE BETONNAGE			
- LIBERATION DES SOUDURES			
Les soudures éventuelles entre plats de protection des joints de construction ont bien été enlevées par meulage			
- ANALYSE DES RESULTATS D'ESSAIS EN COMPRESSION SUR BETON DURCI			
- **Essais d'écrasement** sur cylindres réalisés			
à : jours			
Résistance minimale en MPa :			
Résistance maximale en MPa :			
Résistance moyenne en MPa :			
Résistance caractéristique en MPa :			
Résistance caractéristique à obtenir à 28 jours en MPa :			