

Avis Technique 3.3/19-1005_V1

Annule et remplace l'Avis Technique 3/16-875

*Renforcement d'éléments
de structure par collage de
tissus carbone avec une
matrice polymère*

*Repair and Strengthening
of structural elements of
constructions with fiber
reinforced polymers (FRP) -
fabrics*

SikaWrap

Titulaire : Sika France
84, rue Edouard Vaillant
FR 93350 LE BOURGET

Groupe Spécialisé n° 3.3

Structures Tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure

Publié le 21 février 2020



Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques
d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : www.ccfat.fr

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 24 Octobre 2019, le procédé de renforcement par collage de tissus carbone avec une matrice polymère SikaWrap, présenté par la société SIKA. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. Cet Avis annule et remplace l'Avis Technique n° 3/16-875. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Métropolitaine et DROM-COM.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Procédé de renforcement d'éléments de structure, consistant à coller sur la surface des éléments visés un tissu de fibres de carbone à l'aide d'une résine époxydique synthétique à deux composants.

Ce procédé est destiné à augmenter la capacité portante des éléments concernés, par fonctionnement mécanique conjoint élément-renfort, grâce à l'adhérence conférée par la résine après son durcissement, entre les deux matériaux.

Le procédé SikaWrap peut être associé au procédé Sika CarboDur qui fait l'objet d'un Avis Technique en cours de validité.

1.2 Identification des composants

Les composants sont livrés sur le site de mise en œuvre et identifiés de la manière suivante :

- SikaWrap-230 C : présentation en rouleau de largeur 300 ou 600 mm et de longueur 50 m. Chaque rouleau est identifié par un numéro de lot imprimé sur l'emballage ;
- SikaWrap-300C : présentation en rouleau de largeur 100 mm et de longueur 50 m. Chaque rouleau est identifié par un numéro de lot imprimé sur l'emballage ;
- SikaWrap-600C : présentation en rouleau de largeur 300 mm et de longueur 50 m. Chaque rouleau est identifié par un numéro de lot imprimé sur l'emballage ;
- SikaWrap FX-50C : présentation en carton-dévidoir contenant un cordon de longueur 25 m. Chaque cordon est identifié par un numéro de lot imprimé sur l'emballage ;
- Sikadur-330 : livré en kit de 5 kg. Chaque kit est identifié par un numéro de lot imprimé sur l'étiquette ;
- Sikadur-300 : livré en kit de 3,5 kg. Chaque kit est identifié par un numéro de lot imprimé sur l'étiquette ;
- Sikadur-52 : livré en kit de 1 kg. Chaque kit est identifié par un numéro de lot imprimé sur l'étiquette ;
- Sika AnchorFix 3030 : livré en cartouche de 300 ml. Chaque cartouche est identifiée par un numéro de lot imprimée sur l'étiquette.

2. AVIS

L'Avis qui est émis prend en compte le fait que ni la conception ni le dimensionnement du renforcement ne sont effectués par ou sous la responsabilité de Sika.

Cet Avis ne vaut que si :

- Le dimensionnement est réalisé par un bureau d'étude spécialisé dans le calcul de renforcement de structure ;
- Les entreprises applicatrices de ce procédé de renforcement ont reçu une formation pratique et théorique délivrée par le Titulaire

2.1 Domaine d'emploi accepté

Le domaine d'emploi accepté par le Groupe Spécialisé n°3.3 est celui couvrant les éléments entrant dans la constitution des bâtiments courants (habitations, bureaux, etc.) et des bâtiments industriels (supermarchés, entrepôts, etc.). Les éléments renforcés par le procédé sont :

- En béton armé ;
- En béton précontraint.

Le procédé SikaWrap n'est utilisé que pour le renforcement à l'effort tranchant des sections rectangulaires ou trapézoïdales uniquement.

Les éléments concernés sont sollicités par des charges à caractère principalement statique, comme c'est le cas dans les bâtiments administratifs, commerciaux, scolaires, hospitaliers, d'habitation, de bureaux, parkings pour véhicules légers (30 kN de charge maximale à l'essieu).

L'augmentation des capacités résistantes par les procédés de renforcement est limitée aux actions variables au sens de la norme NF EN 1991-1.

L'utilisation en bâtiments industriels est admise tant que l'agressivité chimique ambiante peut être considérée comme normale et que les

charges non statiques ne sont pas de nature répétitive entretenue pouvant donner lieu à fatigue. On peut citer, à titre d'exemple de charges exclues, les machines tournantes et les passages intensifs et répétés de camions.

Les utilisations pour lesquelles l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié impose l'application des règles parasismiques et le cas des sollicitations susceptibles de changer de sens ne sont pas visées dans le cadre du présent Avis Technique.

L'utilisation des procédés pour le renforcement des dallages n'est pas visée dans le cadre du présent Avis Technique.

Le renforcement structurel de radiers n'est pas visé car les risques d'endommagement des fibres du tissu sont trop importants.

Les utilisations autres que celles prévues au présent domaine d'emploi, notamment les renforcements d'éléments constitués de matériaux autres que le béton (maçonnerie ou bois) ne font pas partie du champ du présent Avis.

L'Avis n'est valable que si la température de la résine et celle du support au niveau du collage n'excède pas :

- 45°C en pointe et 35°C en service continu (supérieure à 24h) pour les tissus SikaWrap 230C et SikaWrap 300C (Résine Sikadur 330)
- 41°C en pointe (pendant 24h) et 32°C en continu pour les tissus SikaWrap 600C (Résine Sikadur 300)

Les Prescriptions Techniques (paragraphe 2.3 du présent Avis) précise les conditions dans lesquels le renforcement par le procédé SikaWrap peut être envisagé.

L'Avis est émis pour les utilisations en France métropolitaine et dans les DROM-COM.

L'utilisation des mèches d'ancrage SikaWrap FX-50C est limitée à la France Métropolitaine.

2.2 Appréciation sur le procédé

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

2.2.1.1 Stabilité

L'utilisation du procédé conduit à l'augmentation des capacités résistantes des éléments renforcés, conformément aux modèles de calcul développés dans le Dossier Technique établi par le demandeur, à condition de respecter strictement les prescriptions données dans le paragraphe 2.3 du présent Avis.

2.2.1.2 Sécurité en cas d'incendie

2.2.1.2.1 Réaction au feu

En l'absence de Procès-Verbal de réaction au feu, les éléments entrant dans la constitution du système SikaWrap sont non classés.

2.2.1.2.2 Résistance au feu

En ce qui concerne la résistance au feu, le procédé SikaWrap non protégé ne participe pas à la tenue des éléments renforcés.

Lorsqu'une protection au feu est prévue par-dessus le composite, elle devra justifier d'un essai de résistance au feu, effectué sur un support identique, par un Laboratoire agréé par le Ministère de l'Intérieur. L'attention est attirée sur le fait que les caractéristiques mécaniques de la colle diminuent rapidement lorsque la température augmente.

2.2.1.3 Prévention des accidents lors de la mise en œuvre ou de l'entretien

Pour la manipulation de la colle et son application, il y a lieu de respecter les prescriptions du Code du travail concernant les mesures de protection relatives à l'utilisation des produits contenant des solvants, utilisés pour le nettoyage des outils, l'utilisation de colles époxy et la manipulation des lamelles. En dehors de ces points, les conditions de mise en œuvre ne sont pas de nature à créer d'autre risque spécifique.

2.2.1.4 Données environnementales

Le procédé SikaWrap ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune

performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

2.215 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.

2.22 Durabilité – entretien

La durabilité des éléments renforcés est normalement assurée, à l'exception des utilisations dans les locaux (ou ambiances) suivants :

1. Atmosphère agressive.
2. Lorsque la température est susceptible de dépasser la température de pointe indiquée au paragraphe 2.1 (valeur de pointe : valeur dont la durée de maintien est inférieure à 24 heures) pour la résine utilisée.

En effet, pour la première restriction, la stabilité des caractéristiques mécaniques de la colle n'est pas démontrée. Pour la seconde restriction, la température de transition vitreuse des résines ne permet pas de dépasser une température en pointe de 45°C pour la résine Sikadur 330 et de 41°C pour la résine Sikadur 300

Dans le cas où des dégradations (chocs, abrasion, etc.) sont possibles, une protection mécanique du renforcement est à prévoir.

2.23 Fabrication et contrôles

Les éléments entrant dans la constitution du procédé sont fabriqués par la société suisse Sika SCHWEIZ AG, sise à Zürich (Suisse).

La fabrication du tissu et de la colle, font l'objet d'un plan d'assurance-qualité dans l'usine concernée.

2.24 Finitions

Lorsque des revêtements (notamment peintures) sont prévus sur le renforcement, ils doivent avoir fait l'objet d'essais préalables validant leur adhérence sur la matrice époxydique des composites.

Dans le cas d'une utilisation du procédé de renforcement en face supérieure des dalles, le système de renforcement doit être protégé par un mortier.

2.3 Prescriptions techniques

2.31 Conditions de conception et de calcul

Le dimensionnement du renforcement doit être réalisé par un bureau d'études de structure, en utilisant les propriétés mécaniques du renfort composite (résistance à la traction, module d'élasticité) déterminées conformément à la norme ISO 527-5, en réalisant toutes les vérifications décrites dans le présent Avis.

Sika met à la disposition des calculateurs un logiciel de dimensionnement développé en interne. La responsabilité des résultats et donc de la structure du logiciel revient au Titulaire. Toutefois, le bureau d'étude structure utilisateur du logiciel reste responsable de la bonne utilisation du logiciel suivant le cahier des charges fourni et de la définition des hypothèses et des données d'entrée.

2.311 Justification à la rupture

Cette justification doit être réalisée dans tous les cas hors situation incendie, en prenant en compte la hauteur totale de la section de l'élément à renforcer (ex : pour une poutre en T, il convient de considérer la hauteur totale de la section avec la table de compression). Elle consiste en une vérification de l'élément à la rupture, toutes redistributions effectuées, et sans tenir compte du renforcement, sous la combinaison ELS rare (considérée conventionnellement dans les calculs comme combinaison ELU fondamentale) $G + Q_1 + \sum \psi_{oi} Q_i$, où G représente la sollicitation due à la charge permanente et $\sum \psi_{oi} Q_i$ celle due aux charges de courte durée d'application dites d'accompagnement de l'action de base Q_1 , y compris s'il y a lieu les charges climatiques et celles dues aux instabilités.

Toutefois, cette justification n'est pas à effectuer si :

- $(R_1) \geq 0,63 (S_2)$, dans le cas d'un élément principal, dont la rupture est susceptible d'entraîner celle d'autres éléments (poutre porteuse, par exemple),
- $(R_1) \geq 0,50 (S_2)$, dans le cas d'un élément secondaire, dont la rupture n'est pas susceptible d'entraîner celle d'autres éléments (panneaux de dalles de planchers posés sur poutres, par exemple).

Avec, dans ces expressions :

R_1 : capacité résistante à l'ELU, en situation fondamentale, de l'élément non renforcé.

S_2 : sollicitation agissante à l'ELU, en situation fondamentale, sur l'élément renforcé.

2.312 Renforcement des éléments en béton armé vis-à-vis de l'effort tranchant.

Les poutres soumises à un effort tranchant sont justifiées vis-à-vis de l'état limite ultime et de l'état limite de service, suivant les règles BAEL (Recommandations de l'AFGC 2003 rév. 2007) ou selon les Eurocodes (Technical Report TR 55 de la Concrete Society 2012 dont la méthodologie de calcul est décrite dans le Dossier Technique établi par le Demandeur) suivant les DPM précisant le référentiel à prendre en compte.

Le renforcement des dalles vis-à-vis de l'effort tranchant n'est pas visé dans le cadre du présent Avis Technique.

En l'absence d'utilisation d'un dispositif permettant un ancrage total dans la table de compression, les vérifications vis-à-vis de l'effort tranchant et de la flexion doivent être effectuées sur la section réduite de la poutre à renforcer (sans prise en compte de la table de compression des sections en T).

Le renforcement à l'effort tranchant n'est pas admis dans le cas d'un moment négatif sur l'appui considéré sauf si la poutre est complètement ceinturée.

Dans tous les cas, les vérifications vis-à-vis de l'effort tranchant doivent être effectuées conformément aux paragraphes §4 ou §5 du Dossier Technique établi par le Demandeur, en fonction de la méthodologie de dimensionnement adoptée.

Les deux vérifications à effectuer, vis-à-vis de l'effort tranchant, pour les éléments en béton renforcés par le procédé SikaWrap sont :

Vérification de la contrainte en traction du composite à l'ELU : Cette vérification est menée conformément aux détails donnés dans le Dossier Technique établi par le Demandeur. La déformation du procédé SIKWRAP est limitée conformément aux indications données au paragraphe §4.2 ou §5.33 du Dossier Technique établi par le Demandeur en fonction de la méthodologie de dimensionnement adoptée.

Vérification du non-glissement à l'interface composite-béton à l'ELU : Cette vérification consiste à s'assurer que la contrainte de cisaillement à l'interface composite-béton n'excède pas la valeur de la contrainte limite de cisaillement. Cette valeur limite s'appuie dans tous les cas sur des essais de pastillage à effectuer in situ sur le support après préparation, ragréage le cas échéant, dans l'état dans lequel il est destiné à recevoir le renforcement.

La valeur de la contrainte de cisaillement limite à retenir pour le dimensionnement est calculée de la manière suivante, à partir de la résistance caractéristique f_{tk} obtenue par les essais de pastillage

A l'ELS:	$\bar{\tau} = \min (1,5 \text{ MPa}; f_{tk}/2)$
A l'ELU (fondamental et accidentel) :	$\bar{\tau}_u = \min (2 \text{ MPa}; f_{tk}/1,5)$

Dans tous les cas, le procédé n'est pas applicable si les essais de pastillage donnent une valeur de f_{tk} inférieure à 1,5 MPa.

2.313 Renforcement des éléments en béton précontraint.

Le dimensionnement du renforcement des éléments en béton précontraint par le procédé SikaWrap est effectué selon les règles BPEL 91 rev 99 (Recommandations de l'AFGC de 2003 rév. 2007) ou les règles Eurocodes (Technical Report TR 55 de la Concrete Society 2012 dont la méthodologie de calcul est décrite dans le Dossier Technique établi par le Demandeur) suivant les DPM précisant le référentiel à prendre en compte.

Les méthodes utilisées sont décrites au paragraphe §4.3 ou §5.4 du Dossier Technique établi par le Demandeur en fonction de la méthodologie de dimensionnement adoptée. Les principes de justifications sont identiques à ceux développés dans le cas du béton armé sauf en ce qui concerne les états limite de service en flexion :

- Pour la justification à l'état limite de service, il y a lieu de limiter la contrainte de traction à $0,8 f_{pk}$ dans les armatures de précontrainte (cas de la précontrainte adhérente) sous combinaison caractéristique.
- Dans tous les cas, il convient de s'assurer que, pour le renforcement en flexion des éléments en béton précontraint, la section d'enrobage soit complètement comprimée sous les combinaisons quasi permanentes.

2.314 Renforcement des poteaux en béton armé vis-à-vis de leur capacité en compression (confinement)

Le dimensionnement du renforcement (confinement) des poteaux en béton par le procédé SikaWrap est effectué selon les règles BPEL 91 rev 99 (Recommandations de l'AFGC de 2003 rév. 2007) ou les règles Eurocodes (Technical Report TR 55 dont la méthodologie de calcul est décrite dans le Dossier Technique établi par le Demandeur) suivant les DPM précisant le référentiel à prendre en compte.

Le renforcement par le procédé SikaWrap peut être utilisé pour augmenter la capacité portante des poteaux sollicités en compression. Le dimensionnement du renforcement est effectué conformément aux dispositions décrites au paragraphe §6 ou §7 du Dossier technique établi par le Demandeur, en fonction de la méthodologie de dimensionnement adoptée (Recommandations AFGC de 2003 rév. 2007 ou TR 55).

Seuls les confinements (discontinu ou total) sans renfort longitudinal sont visés dans cet avis.

2.315 Utilisation du procédé dans les Départements d'Outre-Mer.

En cas d'utilisation du procédé SikaWrap dans les départements d'Outre-Mer, la valeur f_{tk} à considérer dans les calculs est obtenue en multipliant la résistance caractéristique obtenue par les essais de pastillage par le coefficient 0,60 :

$$f_{tk(\text{calcul})} = 0,60 \times f_{tk(\text{pastillage})}$$

2.32 Conditions de mise en œuvre

La mise en œuvre doit être effectuée dans les strictes conditions définies dans le dossier technique établi par le demandeur, notamment pour ce qui concerne le nettoyage et la préparation des supports ainsi que la réalisation des essais de convenances sur ce même support. Il est précisé que ces essais doivent être effectués pour chaque chantier et pour tous les supports visés par le présent Avis Technique.

L'entreprise mettant en œuvre le procédé doit justifier d'une formation spécifique à ce type de renforcement. Le cahier de charges fourni pas le Titulaire lors de la formation des entreprises applicatrices doit intégrer l'ensemble des essais et contrôles prescrits dans le présent document.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 2.1 du présent Avis) est appréciée favorablement.

Validité

A compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 31 octobre 2023.

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Il est souligné que le renforcement structural d'un ouvrage existant quelle que soit la technique de renforcement utilisée, doit faire suite à un diagnostic préalable de qualification de cet ouvrage (détermination des capacités résistantes). Un tel diagnostic peut se révéler lourd et imprécis, étant notamment fonction de la qualité des matériaux, des dispositions internes souvent non accessibles (armatures, par exemple) et d'une manière générale de « l'histoire » de l'ouvrage. L'attention du Maître d'œuvre est donc attirée sur la nécessité qu'il y a à faire effectuer un diagnostic aussi précis que possible, permettant de dimensionner et de mettre en œuvre les renforcements de manière pertinente.

Dans les Départements d'Outre-Mer, le caractère variable des conditions d'hygrométrie est tel que les valeurs constatées pour f_{tk} lors des essais de pastillage, servant d'hypothèses aux calculs du glissement à l'interface composite-béton, peuvent varier considérablement durant la vie de l'ouvrage. Pour cette raison, le Groupe spécialisé n°3.3 a jugé prudent d'affecter un coefficient de réduction à la valeur f_{tk} donnée par les essais de pastillage, en cas d'utilisation dans les Départements d'Outre-Mer.

De plus, il est précisé que les entreprises spécialisées dans la mise en œuvre du procédé doivent fournir, pour chaque chantier, les fiches d'auto-contrôle données dans le Dossier Technique établi par le Demandeur, dûment complétées, notamment pour ce qui concerne les conditions de réticulation qui sont fondamentales pour le bon fonctionnement du procédé.

Enfin, le Groupe Spécialisé 3.3 tient à souligner que l'utilisation des revêtements de protection décrits dans le Dossier Technique établi par le Demandeur ne permet pas de se dispenser du respect du Domaine d'emploi accepté (cf. Paragraphe 2.1 du présent Avis)

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°
3.3*

*Pour le Groupe Spécialisé n° 3.3
Le Président*

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe

Le procédé SikaWrap est utilisé pour la réparation et le renforcement structural des structures par collage d'armatures additionnelles PRFC (Polymères Renforcés de Fibres de Carbone). Il est adapté aux travaux sur ouvrages neufs ou en rénovation, en béton armé et béton précontraint.

Le procédé SikaWrap se compose d'une gamme de tissus unidirectionnels de renforcement de structure, à base de fibres de carbone, applicable avec ou sans imprégnation préalable par une résine d'imprégnation et de collage de la gamme Sikadur.

La procédure SikaWrap comporte également de mèches d'ancrage à base de fibres de carbone, utilisées en complément des tissus, appliquées avec imprégnation préalable par une résine de la gamme Sikadur et ancrée dans les éléments en béton par une résine de scellement de la gamme Sika AnchorFix.

Ce procédé est utilisé en tant que renfort d'éléments de structures travaillant à l'effort tranchant et à la compression (confinement de poteau).

Le procédé SikaWrap peut être associé au procédé Sika CarboDur qui fait l'objet d'un Avis Technique en cours de validité.

2. Domaine d'emploi

Le domaine d'emploi accepté par le Groupe Spécialisé n°3.3 est celui couvrant les éléments entrant dans la constitution des bâtiments courants (habitations, bureaux, etc.) et des bâtiments industriels (supermarchés, entrepôts, etc.). Les éléments renforcés par le procédé sont :

- En béton armé ;
- En béton précontraint.

Le procédé SikaWrap n'est utilisé que pour le renforcement à l'effort tranchant des sections rectangulaires ou trapézoïdales uniquement.

Les éléments concernés sont sollicités par des charges à caractère principalement statique, comme c'est le cas dans les bâtiments administratifs, commerciaux, scolaires, hospitaliers, d'habitation, de bureaux, parkings pour véhicules légers (30 kN de charge maximale à l'essieu).

L'augmentation des capacités résistantes par les procédés de renforcement est limitée aux actions variables au sens de la norme NF EN 1991-1.

L'utilisation en bâtiments industriels est admise tant que l'agressivité chimique ambiante peut être considérée comme normale et que les charges non statiques ne sont pas de nature répétitive entretenue pouvant donner lieu à fatigue. On peut citer, à titre d'exemple de charges exclues, les machines tournantes et les passages intensifs et répétés de camions.

Les utilisations pour lesquelles l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié impose l'application des règles parasismiques et le cas des sollicitations susceptibles de changer de sens ne sont pas visées dans le cadre du présent Avis Technique.

L'utilisation des procédés pour le renforcement des dallages n'est pas visée dans le cadre du présent Avis Technique.

Le renforcement structurel de radiers n'est pas visé car les risques d'endommagement des fibres du tissu sont trop importants.

Les utilisations autres que celles prévues au présent domaine d'emploi, notamment les renforcements d'éléments constitués de matériaux autres que le béton (maçonnerie ou bois) ne font pas partie du champ du présent Avis.

L'Avis n'est valable que si la température de la résine et celle du support au niveau du collage n'excède pas :

- 45°C en pointe et 35°C en service continu (supérieure à 24h) pour les tissus SikaWrap 230C et SikaWrap 300C (Résine Sikadur 330)
- 41°C en pointe (pendant 24h) et 32°C en continu pour les tissus SikaWrap 600C (Résine Sikadur 300)

Les Prescriptions Techniques (paragraphe 2.3 du présent Avis) précise les conditions dans lesquels le renforcement par le procédé SikaWrap peut être envisagé.

L'Avis est émis pour les utilisations en France métropolitaine et dans les DROM-COM.

L'utilisation des mèches d'ancrage SikaWrap FX-50C est limitée à la France Métropolitaine.

3. Description des matériaux

3.1 Procédé de renforcement SikaWrap

Le renfort composite PRFC, fabriqué in situ, est réalisé en associant un tissu SikaWrap marouflé dans une résine Sikadur bien définie. Chaque tissu doit donc être utilisé avec la résine spécifiée ; le système ainsi formé ne peut faire l'objet d'aucune modification car les performances du PRFC dépendent à la fois du tissu et de la résine d'imprégnation.

3.1.1 Critères de choix du tissu

Les tissus de la gamme SikaWrap sont utilisés en tant que renfort d'éléments de structures travaillant à l'effort tranchant (poutres) et à la compression (confinement de poteau).

Le principe de renforcement est identique quel que soit le tissu choisi. Seule la technique de mise en œuvre change.

Les paramètres à considérer pour choisir le tissu le plus adapté sont le dimensionnement (divers grammages, module d'élasticité, nombre de couches à mettre en œuvre), la configuration du renfort (largeur des bandes, espacement entre bandes ou application en continu).

La gamme SikaWrap se compose de trois tissus qui se différencient par leur grammage, leur conditionnement, leur méthode d'application.

- Les tissus dits « légers » SikaWrap - 230C et SikaWrap - 300C sont des tissus unidirectionnels de fibres de carbone assemblées par tissage, applicable « à sec » (sans imprégnation préalable du tissu). De plus, la mise en œuvre du SikaWrap - 230C et du SikaWrap - 300C se fait sans application préalable de primaire sur le support en béton.
 - Ils sont constitués à 99% de fil de chaîne en fibres de carbone et 1% de fil de trame en fibres thermoplastiques blanches apportant une bonne stabilité dimensionnelle (évitent au tissu de s'effilocheur lors de la découpe ou de la manutention).
 - Le tissu SikaWrap - 230C (largeur 30 ou 60 cm) est le plus couramment utilisé pour la reprise d'effort tranchant de poutres (bandes appliquées en continu, sans espacement entre bandes).
 - Le tissu SikaWrap -300C (largeur 10 cm) permet d'optimiser le renforcement et de pallier les contraintes constructives par une mise en œuvre espacée du fait de sa petite largeur.
 - Le tissu dit « lourd » SikaWrap - 600C est un tissu unidirectionnel de fibres de carbone assemblées par couture, applicable après imprégnation préalable du support et du tissu - application dite « par voie humide ».
- Le tissu SikaWrap-600C (largeur 30 cm) est privilégié lorsque le dimensionnement réalisé avec le SikaWrap-230C nécessite un nombre de couches supérieurs à trois afin de réduire les délais et coûts d'application.

L'ancrage des bandes de tissu SikaWrap peut être amélioré par les mèches SikaWrap FX-50C, cordon de fibres de carbone unidirectionnelles enveloppé dans un film plastique. Ce cordon peut être découpé à la longueur souhaitée in-situ afin de réaliser une mèche d'ancrage. Les mèches SikaWrap FX-50C sont imprégnées, puis scellées et collées à l'aide de résines époxy.

Les tissus SikaWrap et les mèches SikaWrap FX-50C se combinent pour former un système de renforcement à hautes performances.

3.1.2 Application par bandes juxtaposées, espacées ou superposées

Pour la reprise d'effort tranchant ou le confinement de poteau, le maître d'œuvre/bureau d'études a la possibilité de choisir un renforcement par PRFC soit appliqué en continu (bandes de tissu juxtaposées, sans espace intermédiaire) soit appliqué par bandes espacées.

Le tissu SikaWrap - 230 C (largeur 30 ou 60 cm) est le plus couramment utilisé pour la reprise d'effort tranchant de poutres (bandes appliquées en continu, sans espacement entre bandes).

Pour des raisons liées au dimensionnement et vérifications, le renforcement par PRFC appliqué par bandes espacées n'est généralement pas utilisable pour les poutres de hauteur limitée. Si des bandes espacées de plus faibles largeurs (par ex. 10 cm) sont requises, le choix se porte alors sur le SikaWrap - 300C.

Lorsque le dimensionnement prévoit un nombre de couches supérieurs à trois, alors le SikaWrap - 600C est intéressant et privilégié afin de réduire les délais et coûts d'application.

3.13 Propriétés mécaniques des tissus SikaWrap

Tableau 1 : Propriétés des tissus SikaWrap

	SikaWrap 300 C	SikaWrap 230 C	SikaWrap 600 C
Grammage [g/m ²]	300	230	600
Epaisseur des tissus t _r [mm]	0,167	0,13	0,33
Masse volumique [g/cm ³]	1,8	1,8	1,8
Largeur [mm]	100	300, 600	300
Longueur [m]	Rouleau 50 m	Rouleau 50 m	Rouleau 50 m
Résistances des fibres sèches [MPa]	4000	4000	3800

Couleur : noire

3.14 Colles Sikadur pour les tissus SikaWrap

La mise en œuvre du tissu léger SikaWrap - 230 C et SikaWrap -300 C se fait sans application préalable de primaire sur le support en béton.

Tableau 2 : Récapitulatif des colles époxy suivant le tissu

	SikaWrap-300 C	SikaWrap-230 C	SikaWrap-600 C
Primaire sur support béton	AUCUN	AUCUN	Sikadur-330 ou -300 selon rugosité du support
Imprégnation du tissu	Sikadur-330	Sikadur-330	Sikadur-300

3.141 Identification et marquage

Chaque emballage est identifié par un numéro de lot à relever sur l'étiquette du kit lors de l'auto contrôle.

3.142 Performances de la résine Sikadur-330

Présentation :

Le Sikadur-330 est la résine d'imprégnation du tissu SikaWrap-230 C et SikaWrap-300 C.

- Résine bi-composant :
 - Composant A : résine de couleur blanche,
 - Composant B : durcisseur de couleur grise.
- Consistance crémeuse
- Conditionnement : kit de 5 kg

Performances :

- Densité : 1,3 environ
- Durée de vie en pot :

Tableau 3 : Caractéristiques de la résine Sikadur 330

Température	10 °C	35 °C
	90 mn	30 mn

La durée de vie en pot débute quand les 2 composants sont mélangés. Elle est plus courte à hautes températures et plus longue à basses températures. Plus la quantité mélangée est importante, plus la durée de vie en pot est courte. Pour obtenir une plus longue durée de vie en pot à hautes températures, diviser le produit, une fois mélangé, en plusieurs parties. Une autre méthode consiste à rafraîchir (pas en dessous de 5°C) les composants A et B avant de les mélanger.

Tableau 4 : Caractéristiques de la résine Sikadur 330

Résistance en traction	30 MPa (7 jours à +23°C) selon NF EN ISO 527-3
Adhérence	> 4 MPa rupture dans le béton (selon NF EN 4624)
Module d'Elasticité	Flexion : 3800 MPa (7 jours à +23°C) selon EN 1465 Traction : 4500 MPa (7 jours à + 23°C) selon NF EN ISO 527-3
Allongement à rupture	0,9% (7 jours à +23°C) selon la norme NF EN ISO 527-3
Dureté shore D	> 70 à 2 jours et 20°C

3.143 Performance de la résine Sikadur-300

Présentation

Le Sikadur-300 est la résine d'imprégnation du tissu SikaWrap-600 C et le primaire pour le support.

- Résine bi-composant :
 - Composant A : résine de couleur jaune clair et transparent,
 - Composant B : durcisseur de couleur jaune pâle et transparent.
- Consistance liquide
- Conditionnement : kit de 3,5 kg

Performances

- Densité : 1,16 environ
- Durée de vie en pot :

Tableau 5 : Durée de vie en pot Sikadur - 300

Température	Durée de vie en pot
+15°C	6 h
+23°C	4 h
+40°C	90 minutes

Tableau 6 : Caractéristiques de la résine Sikadur 300

Résistance en traction	45 MPa (7 jours à +23°C selon ISO 527-3)
Adhérence	> 4 MPa rupture dans le béton selon EN ISO 4624
Module d'Elasticité	En flexion : 2800 MPa (7 jours à +23°C) selon EN 1465 En traction : 3500 MPa (7 jours à + 23°C) selon DIN 53455
Allongement à rupture	1,5% (7 jours à +23°C) selon la norme EN ISO 527-3
Dureté shore D	> 70 à 2 jours et 20°C

3.15 Durabilité du composite PRFC SikaWrap - 230C/Sikadur-330

3.151 Tenue aux UV

Les essais ont été menés sur le système seul et sur le système revêtu des revêtements de la gamme Sikagard (Sikagard-550 W Elastic, Sikagard-675 W ElastoColor, Sikagard-680 S BetonColor). Deux tests ont été pratiqués : le Sun test- 1000 heures (UV seuls) et le QUV test - 3000 heures (UV et Chaleur Humide).

Résultats : Pas de dégradations observées. (Rapport d'essais interne n°33001-10 ; 01/2010)

3.152 Performances après 18 mois de vieillissement accéléré en enceinte climatique à 40°C et 95% HR.

Les matériaux seuls ainsi que l'assemblage béton/composite ont subi les essais suivants :

- Essais de cisaillement sur support béton
- Essai de traction directe (pastillage)
- Essais spécifiques sur la résine Sikadur-330.

Les mesures ont été faites à intervalles réguliers afin de suivre l'évolution des performances des matériaux et de leur assemblage.

Résultats : après 18 mois sous les conditions climatiques de l'essai, les performances des assemblages sont conservées - passage d'un mode de rupture cohésive dans le béton à un mode adhésif/cohésif dans la colle et/ou interface (Rapport LCPC-LRPC Autun n°20 112-B, Février 2010).

3.2 Système d'ancrage des tissus SikaWrap

3.2.1 Principe de fonctionnement

Le système d'ancrage SikaWrap FX-50C est utilisé en combinaison avec le procédé de renforcement par tissu SikaWrap.

Il est engravé en forme d'étoile et scellé dans un trou du support béton avant d'être recouvert par le tissu de renforcement SikaWrap.

Remarque importante : l'utilisation de ce système d'ancrage n'est pas systématique ; il est uniquement recommandé dans les cas où le dimensionnement du PRFC met en évidence la nécessité de mettre en place un ancrage complémentaire pour assurer le bon fonctionnement du renfort PRFC.

Cet ancrage complémentaire permet d'augmenter l'adhérence du tissu SikaWrap collé sur le support en béton, pour le cas suivant.

Renforcement à l'effort tranchant de poutres : lorsque la surface de collage effective ne permet pas de reprendre la totalité des efforts de cisaillement, un ancrage complémentaire du tissu dans la zone comprimée de la dalle est nécessaire, parallèlement ou avec un angle maximum de 20° par rapport au tissu.



Figure 1 : Schéma d'installation

3.2.2 Description du système d'ancrage

Le système se compose de l'ancrage SikaWrap FX-50C et des produits époxydiques d'imprégnation et de scellement.

SikaWrap FX-50C est un cordon de fibres de carbone unidirectionnelles enveloppé dans un film plastique. Ce cordon peut être découpé à la longueur souhaitée en fonction de l'ancrage prévu. Il est livré en carton-dévidoir contenant une longueur de 25 m de cordon.

Il est mis en œuvre in-situ où il forme un composite PRFC de même nature que le tissu de renforcement SikaWrap.

Les produits pour la mise en œuvre de l'ancrage :

Tableau 7 : SikaWrap FX-50 C

Produit	Utilisation
Sikadur-52	Imprégnation de l'ancrage SikaWrap et des encoches.
Sika AnchorFix-3030	Scellement de l'ancrage dans le trou. Produit de scellement marqué CE.
Sika AnchorFix-3030	Collage de l'ancrage dans les encoches.

3.2.3 Caractéristiques de SikaWrap FX-50C, fibres sèches

Masse linéique ≥ 50 g/m

Masse volumique : 1.82 g/cm³

Section du cordon de fibres : ≥ 28 mm²

Caractéristiques de la fibre sèche (sens longitudinal)

- Contrainte en traction > 4000 MPa
- Module d'élasticité en traction > 240 000 MPa
- Déformation à la rupture $\geq 1,6$ %

3.2.4 Caractéristiques du composite SikaWrap FX-50C imprégné

Caractéristiques de l'ancrage SikaWrap FX-50C imprégné avec Sikadur-52, obtenu dans le sens longitudinal des fibres selon la norme EN 2561.

Les valeurs ci-dessous sont issues des valeurs caractéristiques (fractile 5%).

Valeurs obtenues suivant la section nette des fibres (28 mm²) :

- Contrainte en traction : 2100 MPa
- Module d'élasticité : 230 000 MPa
- Allongement ultime : 0,90 %

3.3 Produits complémentaires

3.3.1 Préparation du support

3.3.1.1 Sikadur-52 Injection

- Résine époxydique à deux composants sans solvant.
- Elle est utilisée pour injecter les fissures du support avant le renforcement.
- Conforme à la norme NF EN 1504-5.

3.3.1.2 Sikadur-53

- Résine époxydique à deux composants sans solvant.
- Elle est utilisée pour injecter les fissures du support avant le renforcement.
- Conforme à la norme NF EN 1504-4, 5 et 6.

3.3.1.3 Sikadur-41EF

- Mortier époxydique à trois composants (résine, durcisseur, charges).
- Il est utilisé pour les réparations localisées du support.
- Classe R4 selon la norme NF EN 1504-3.

3.3.1.4 Sikadur-30

- Pâte époxydique de ragréage bicomposant.
- Permet les réparations sur de faibles épaisseurs.
- Conforme à la norme NF EN 1504-4.

3.3.1.5 Sika MonoTop-412N, -410R

- Mortiers de réparation du béton, monocomposant, applicable manuellement ou par projection voie humide.
 - Monotop-412N : mortier à prise normale
 - Monotop-410R : mortier à prise rapide, fibré, fin, couleur gris clair
- Classe R4 selon norme NF EN 1504-3.

3.3.2 Produits de finitions

3.3.2.1 Revêtements de protection base Polymères – gamme Sikagard

Il s'agit de revêtements monocomposants à base de polymères destinés à assurer la protection du support béton et des composites SikaWrap, vis-à-vis du gel-dégel et des UV. Le maître d'œuvre détermine la couleur sur la base du nuancier RAL.

3.3.2.1.1 Sikagard-675 W ElastoColor

- Revêtement acrylique en phase aqueuse.
- Faible temps de recouvrement entre couches.
- Conforme à la norme NF EN 1504-2.

3.3.2.1.2 Sikagard-550 W Elastic

- Revêtement acrylique élastique en phase aqueuse.
- Souplesse pour le pontage de fissures.
- Conforme à la norme NF EN 1504-2.

3.3.2.1.3 Sikagard 680 S BetonColor

- Revêtement acrylique en phase solvant.
- Conforme à la norme NF EN 1504-2.

4. Dimensionnement à l'effort tranchant du procédé SikaWrap suivant le BAEL/BPEL

4.1 Généralités

Le dimensionnement du renforcement des structures de béton armé et de béton précontraint par le procédé SikaWrap doit être réalisé par un Bureau d'Etudes qualifié et expérimenté en calcul de structures. Le bureau d'études peut être interne ou externe à l'entreprise applicatrice des procédés.

Les hypothèses fondamentales de calcul du béton armé sont retenues :

- Les sections planes restent planes après déformations
- il n'y a pas de glissement relatif entre les armatures internes en acier, les renforts PRFC et le béton.
- La résistance en traction du béton est négligée
- La résistance en compression des renforts PRFC est négligée

Les combinaisons de charges appliquées à la structure, les lois de comportement, les coefficients partiels de sécurité sur les matériaux sont ceux donnés par le BAEL 91 rev 99.

Les matériaux de renforcement ont un comportement élastique linéaire jusqu'à la rupture.

4.2 Caractéristiques en traction pour les composites unidirectionnels selon recommandations AFGC 2003 rév. 2007

Etat Limite Ultime : Contrainte limite de traction pour un calcul à l'ELU

$$f_{fud} = 0,65 \times f_{fu} / \gamma_{fd}$$

Etat Limite de Service : Contrainte limite de traction pour un calcul à l'ELS

$$f_{fd} = 0,65 \times f_{fu} / \gamma_{fd}$$

La durabilité des renforcements est prise en compte par l'intermédiaire du coefficient 0,65 (effets liés au vieillissement des matériaux dans le temps).

f_{fu} : Contrainte moyenne de traction à rupture du composite PRFC

γ_{fd} : Coefficient partiel de sécurité, qui est fonction du type de PRFC et de l'Etat Limite considéré.

Tableau 8 : Coefficients partiels de sécurité pour le procédé SikaWrap selon l'AFGC 2003 rev. 2007

Matériaux PRFC	γ_{fd} ELU	γ_{fd} ELS
Tissu SikaWrap	1,4	2

4.21 Loi de comportement du Composite PRFC SikaWrap-230 C – Sikadur-330

Les caractéristiques ci-dessous du composite sont données sur la base de l'épaisseur du tissu seul (0,129 mm) : cela permet de s'affranchir des surépaisseurs de résine inhérentes à la mise en œuvre in-situ et de rapporter les valeurs à une épaisseur fixe, connue et contrôlée.

Tableau 9 : Composite SikaWrap 230C / Sikadur 330

	SikaWrap-230 C – Sikadur-330
Module d'élasticité E_f	225 000 MPa
Allongement de calcul ε_{fud}	0,6 %
Résistance moyenne en traction f_{fu}	3500 MPa
Résistance de calcul ELU f_{fud}	1625 MPa
Résistance de calcul ELS f_{fd}	1138 MPa

Exemple de dimensionnement à l'ELU

N : effort repris par une bande de largeur 1 mètre

A : section du renfort pour une bande de largeur 1 m (épaisseur du tissu 0,129 mm ; largeur 1000 mm).

$$N = f_{fud} \cdot A = 1625 \times 129 = 210 \text{ kN par bande de largeur 1 m.}$$

4.22 Loi de comportement du Composite PRFC SikaWrap-300 C – Sikadur-330

Les caractéristiques ci-dessous du composite sont données sur la base de l'épaisseur du tissu seul (0,167 mm) : cela permet de s'affranchir des surépaisseurs de résine inhérentes à la mise en œuvre in-situ et de rapporter les valeurs à une épaisseur fixe, connue et contrôlée.

Tableau 10 : Composite SikaWrap 300C / Sikadur 330

	SikaWrap-300 C – Sikadur-330
Module d'élasticité E_f	225 000 MPa
Allongement de calcul ε_{fud}	0,6 %
Résistance moyenne en traction f_{fu}	3500 MPa
Résistance de calcul ELU f_{fud}	1625 MPa
Résistance de calcul ELS f_{fd}	1138 MPa

Exemple de dimensionnement à l'ELU

N : effort repris par une bande de largeur 1 mètre

A : section du renfort pour une bande de largeur 1 m (épaisseur du tissu 0,167 mm ; largeur 1000 mm).

$$N = f_{fud} \cdot A = 1625 \times 167 = 271 \text{ kN par bande de largeur 1m}$$

4.23 Loi de comportement du Composite PRFC SikaWrap-600 C – Sikadur-300

Les caractéristiques ci-dessous du composite sont données sur la base de l'épaisseur du tissu seul (0,331 mm) : cela permet de s'affranchir des surépaisseurs de résine inhérentes à la mise en œuvre in-situ et de rapporter les valeurs à une épaisseur fixe, connue et contrôlée.

Tableau 11 : Composite SikaWrap 600C / Sikadur 300

	SikaWrap-600 C – Sikadur-300
Module d'élasticité E_f	235 000 MPa
Allongement de calcul ε_{fud}	0,6 %
Résistance moyenne en traction f_{fu}	2950 MPa
Résistance de calcul ELU f_{fud}	1370 MPa
Résistance de calcul ELS f_{fd}	960 MPa

Exemple de dimensionnement à l'ELU :

N : effort repris par une bande de largeur 1 mètre

A : section du renfort pour une bande de largeur 1 m (épaisseur du tissu 0,331 mm ; largeur 1000 mm).

$$N = f_{fud} \cdot A = 1370 \times 331 = 453 \text{ kN par bande de largeur 1 m}$$

4.24 Loi de comportement de la mèche d'ancrage SikaWrap FX 50C

Pour rappel, les caractéristiques de l'ancrage SikaWrap FX-50C imprégné avec Sikadur-52 sont obtenues dans le sens longitudinal des fibres.

Valeurs obtenues suivant la section nette des fibres (28 mm²) :

- Résistance à la traction : 2100 MPa
- Module d'élasticité : 230 000 MPa
- Allongement ultime : 0,90 %

La valeur de l'effort repris pour augmenter l'ancrage du tissu SikaWrap est donnée par des essais de pull-out modifiés en conditions d'application réelles de chantier.

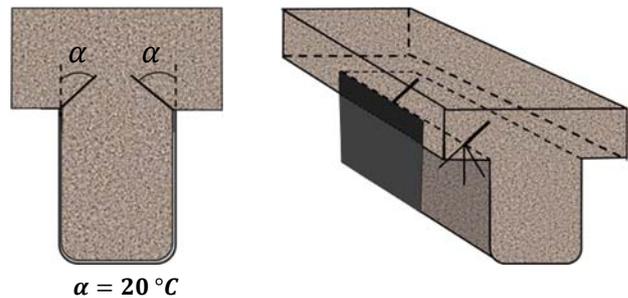


Figure 2 : Ancre SikaWrap FX-50 C

L'effort moyen repris dans cette configuration est de 70 kN pour l'ancrage d'une mèche de chaque côté de la poutre. Le mode de rupture dans le béton permet d'obtenir une valeur d'effort de calcul pour une mèche d'ancrage :

	SikaWrap FX-50C
Effort de rupture	70 kN
Effort de calcul	38,9 kN

Le nombre de mèches par largeur de tissu est à définir par le bureau d'études en fonction de l'effort à reprendre.

4.3 Dimensionnement des renforts SikaWrap pour les structures en béton armé et précontraint

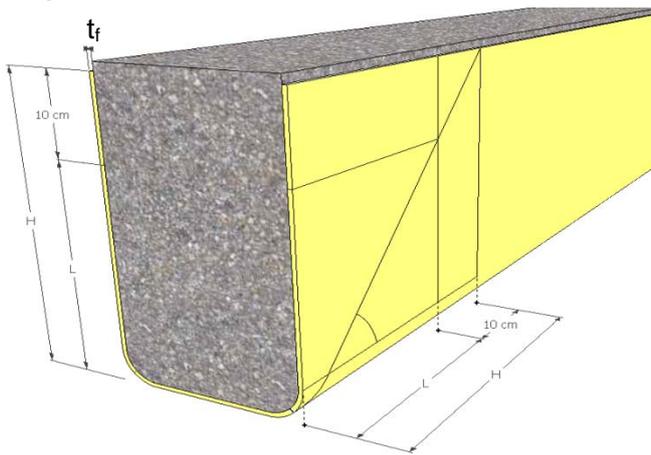


Figure 3 : Schéma d'une poutre renforcée avec le composite SikaWrap

4.31 Principe général

Le principe de dimensionnement consiste à vérifier que, dans toute section de la structure où les armatures en acier existantes sont insuffisantes vis-à-vis de la reprise de l'effort tranchant, la contrainte atteinte dans le composite PRFC SikaWrap est inférieure à sa contrainte ultime de résistance.

La section renforcée ou réparée avec le système SikaWrap fonctionne de manière similaire à une section de béton armé classique ; le renfort PRFC SikaWrap agit comme une armature passive externe en complément des armatures internes, afin de recoudre une fissure potentielle d'effort tranchant.

4.32 Approche BAEL et Hypothèses

Le calcul de la contrainte dans le composite s'appuie sur une approche de type BAEL, en retenant l'hypothèse du treillis de Ritter-Mörsch (inclinaison à 45° des fissures d'effort tranchant) et celle de Bresson qui fixe à 10 cm la longueur minimale de collage permettant de considérer la fissure inclinée à 45° comme cousue de manière efficace par le composite SikaWrap. Ainsi, on ne prend pas en compte dans le calcul les derniers 10 cm à chaque extrémité du collage.

4.321 Contrainte dans le renfort composite

On admet par hypothèse que le composite doit équilibrer l'intégralité de l'effort tranchant non repris par le béton et les armatures existantes.

Si on note V_u l'effort tranchant ultime total dans la section de poutre considérée et $V_{b,at}$ l'effort tranchant ultime repris par la structure existante (contribution des armatures et du béton), l'effort tranchant V_f repris par le composite SikaWrap s'exprime par : $V_f = V_u - V_{b,at}$

Le composite SikaWrap doit donc reprendre une contrainte notée f_f qui vaut :

$$f_f = \frac{V_f}{A_{ft}}$$

Où A_{ft} représente la section utile du composite.

4.322 Section utile de composite

Dans une section donnée de la poutre à renforcer, la section utile du composite qui assure la reprise de l'effort tranchant est donnée par :

$$A_{ft} = 2t_f L$$

L (mm) : longueur utile de collage (voir schéma ci-dessus)

- Dans le cas d'un enveloppement en forme de U, le composite est collé sur les 2 faces latérales en continuité en passant sous la poutre ;
- $L(mm) = H(mm) - 100$

[Les derniers 100 mm à chaque extrémité du collage correspondent à la zone d'ancrage et ne sont donc pas considérés dans la section efficace de renforcement].

- Avec H : hauteur (mm) sur laquelle est appliqué le renfort SikaWrap (en général, la hauteur de retombée de la poutre) ;
- La section utile du composite s'exprime donc par :

$$A_{ft} = 2t_f (H - 100)$$

- Pour mémoire :

- Epaisseur t_f d'une couche de renfort SikaWrap 230C : 0,129mm.

4.33 Dimensionnement

4.331 Longueur de poutre à renforcer

Il y a lieu d'appliquer le renforcement sur toute la longueur de la poutre où l'effort tranchant sollicitant est supérieur à la capacité portante du béton et des armatures existantes.

4.332 Section du renfort composite SikaWrap

L'effort tranchant V_f à reprendre par le renfort composite SikaWrap étant connu, il faut déterminer si une couche de tissu (qui donne une section utile de renfort A_{ft} , voir paragraphe 4.322) est suffisante pour que la contrainte engendrée au sein du renfort σ_f soit inférieure à la contrainte limite en traction de calcul f_{fud} du renfort SikaWrap :

$$\sigma_f = \frac{V_f}{A_{ft}} < f_{fud}$$

Pour mémoire :

Contrainte limite en traction du SikaWrap 230C : $f_{fud} = 1625\text{MPa}$.

Si la vérification ne passe pas, réitérer le calcul en augmentant le nombre de couches nécessaires de renfort SikaWrap-230 C jusqu'à 3, ou en utilisant le tissu SikaWrap-600 C.

Pour mémoire :

Epaisseur t_f d'une couche de renfort SikaWrap 600C : 0.331mm ;

Contrainte limite en traction du SikaWrap 600C : $f_{fud} = 1370\text{MPa}$.

4.34 Vérification de la contrainte de glissement

Il est nécessaire de vérifier la contrainte de glissement τ_f à l'interface béton/ renfort SikaWrap sur la zone d'ancrage (tissu appliqué sur les 2 faces de la poutre) :

Surface d'ancrage : $2 L_{anc} b$

Avec $L_{anc} = 100$ mm (voir schéma ci-dessus)

A partir des hypothèses retenues, cette contrainte s'exprime par :

$$\tau_f = \frac{V_f}{2 \times 100 \times b}$$

Elle doit être inférieure à la valeur critique $\tau_{cr} = 2$ MPa

Dans le cas où la hauteur utile de la poutre (pour un renforcement en U) ne permet pas de mettre en œuvre la section de tissu nécessaire au renforcement et donc de reprendre la totalité des efforts, il conviendra d'augmenter l'ancrage des tissus à l'aide des mèches d'ancrage SikaWrap FX 50C. Le nombre de mèches par largeur de tissu dépend de l'effort à reprendre.

Pour rappel, une section de poutre renforcée à l'effort tranchant par le renfort SikaWrap complété par le système d'ancrage par mèches SikaWrap FX 50C (à raison d'une mèche par face latérale de poutre) peut reprendre un effort de calcul jusqu'à 38,9 kN.

La mèche SikaWrap FX 50C doit être mise en œuvre conformément au paragraphe 8.7.

5. Renforcement à l'effort tranchant par le procédé SikaWrap suivant le référentiel TR55 – EN 1992-1-1

5.1 Généralités

Il est conseillé de faire appel à un Bureau d'Etudes qualifié et expérimenté en calcul de structures pour réaliser le dimensionnement des renforts Sika®.

Les hypothèses de calcul retenues sont :

- Les sections planes restent planes, et il n'y a pas de glissement relatif entre les armatures internes métalliques ou le SikaWrap et le béton.
- La résistance en traction du béton est négligée
- La résistance en compression du SikaWrap est négligée

Le dimensionnement est basé sur le Technical report N° 55 " Design Guidance for Strengthening Concrete Structures using Fibre composite materials ". Ce guide a été écrit pour être utilisé en conjonction avec l'Eurocode 0 : Bases de calcul des structures, et l'Eurocode 2 : Calcul des structures en béton.

5.2 Notations

A l'échelle du matériau :

Béton	
f_{ck}	Résistance caractéristique du béton en compression
f_{cd}	Résistance de calcul du béton en compression
ε_c	Déformation du béton
ε_{c2}	Déformation du béton atteinte pour la contrainte de compression maximale
ε_{cu2}	Déformation ultime du béton en compression
σ_c	Contrainte de compression du béton
α_{cc}	Coefficient tenant compte des effets à long terme sur la résistance en compression et des effets défavorables résultant de la manière dont la charge est appliquée
γ_c	Coefficient partiel de sécurité du béton
Acier	
f_{yk}	Résistance caractéristique des armatures en traction
f_{yd}	Résistance de calcul des armatures
ε_s	Déformation des armatures
σ_s	Contrainte de traction des armatures
E_s	Module d'élasticité des armatures
γ_s	Coefficient partiel de sécurité de l'acier
Composite	
f_{fk}	Résistance caractéristique du composite en traction
f_{fd}	Résistance de calcul du composite en traction
E_f	Module d'élasticité moyen du composite
ε_{fd}	Déformation de calcul du composite en traction
$\gamma_{FRP,E}$	Coefficient partiel de sécurité sur le module d'élasticité du composite à l'ELU
$\gamma_{FRP,m}$	Coefficient partiel de sécurité additionnel pour les composites résultants d'un processus de fabrication
$\gamma_{FRP,\varepsilon}$	Coefficient partiel de sécurité sur la déformation du composite à l'ELU

A l'échelle de l'élément de structure :

V_d	Effort tranchant ultime de calcul
V_{Ed}	Effort tranchant sollicitant
$V_{Rd,max}$	Effort tranchant résistant maximal (section non renforcée)
$V_{Rd,s}$	Effort tranchant ultime repris par les cadres
$V_{Rd,f}$	Effort tranchant ultime repris par le tissu
$V_{Rd,s,f}$	Effort tranchant résistant (section renforcée)
s	Espacement des cadres
d_f	Distance entre les aciers de traction et la fibre supérieure du béton
n_s	Coefficient incluant le type de renforcement
$l_{t,max}$	Longueur d'ancrage maximale
E_{fd}	Module d'élasticité de calcul du composite
ε_{fse}	Déformation effective du composite par rapport au cisaillement
β	Angle d'inclinaison du composite par rapport à la fibre moyenne du béton
z	Bras de levier des forces internes
θ	Angle d'inclinaison des bielles de compression (compris entre 21,8° et 45°)
A_{sw}	Section des cadres
f_{ywd}	Limite d'élasticité de calcul des cadres
A_{fw}	Section de tissu : $A_{fw} = 2 t_f b_f$
b_f	Largeur du tissu
s_f	Espacement entre bandes de tissu (mesuré du bord d'une bande au même bord de la bande suivante)
t_f	Épaisseur du tissu

5.3 Lois de comportement des matériaux

5.3.1 Loi de comportement du béton

Les valeurs de calcul dans la section de béton sont déterminées à partir du diagramme parabole-rectangle des contraintes en fonction de la déformation :

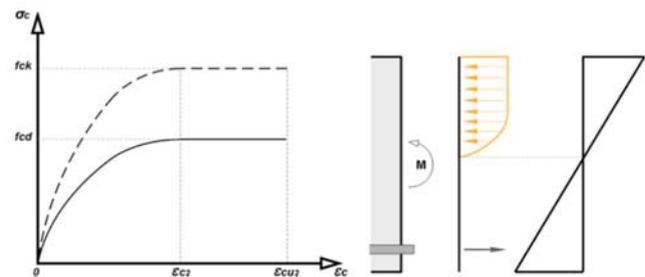


Figure 4 : Loi de comportement du béton

La valeur de calcul de la résistance à la compression du béton est donnée par la formule :

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$\alpha_{cc} = 1$$

Valeur utilisée pour l'Annexe Nationale française (valeur recommandée pour les bâtiments).

Le coefficient α_{cc} tient compte de l'effet défavorable de la durée d'application des charges.

$$\gamma_c = 1,2$$

Pour les situations accidentelles.

$$\gamma_c = 1,5$$

Dans les autres cas.

5.3.2 Loi de comportement de l'acier

Les valeurs de calcul des armatures de béton armé sont issues du diagramme bilinéaire simplifié :

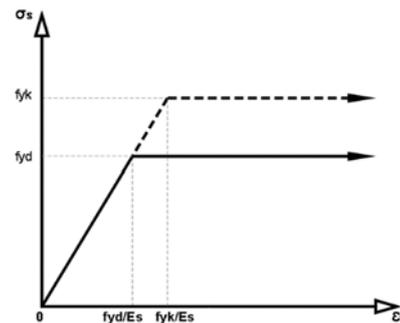


Figure 5 : Loi de comportement de l'acier

La valeur de calcul de la résistance à la traction de l'acier est donnée par la formule :

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$$\gamma_s = 1$$

Dans les situations accidentelles.

$$\gamma_s = 1,15$$

Dans les autres cas.

Pour les calculs, la valeur du module d'élasticité E_s est prise égale à 200 000 MPa.

5.3.3 Loi de comportement des tissus SikaWrap

Etat Limite Ultime : Contrainte limite de traction pour un calcul à l'ELU

$$f_{fd} = E_{fd} \cdot \varepsilon_{fd}$$

Avec :

$$E_{fd} = \frac{E_{fk}}{\gamma_{FRP,mE}}, \text{ Module d'élasticité de calcul du composite}$$

$$\varepsilon_{fd} = \frac{\varepsilon_{fk}}{\gamma_{FRP,mE}}, \text{ Déformation de calcul du composite}$$

Et :

$$\gamma_{FRP,mE} = \gamma_{FRP,E} \cdot \gamma_{FRP,m}$$

$$\gamma_{FRP,mE} = \gamma_{FRP,\varepsilon} \cdot \gamma_{FRP,m}$$

Donc :

$$f_{fd} = \frac{f_{fk}}{\gamma_{FRP,mf}}$$

Avec :

$$\gamma_{FRP,mf} = \gamma_{FRP,E} \cdot \gamma_{FRP,\varepsilon} \cdot (\gamma_{FRP,m})^2$$

Les valeurs des coefficients partiels de sécurité vis-à-vis de la méthode de fabrication et d'application sont données dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Coefficients partiels de sécurité du composite selon le TR 55

Matériaux PRFC	$\gamma_{FRP,E}$	$\gamma_{FRP,m}$	$\gamma_{FRP,\varepsilon}$
Tissus SikaWrap	1,1	1,2	1,25

Synthèse des caractéristiques des composites :

Tableau 13 : Caractéristiques mécaniques des composites selon le TR 55 (ramenées à l'épaisseur du tissu sec)

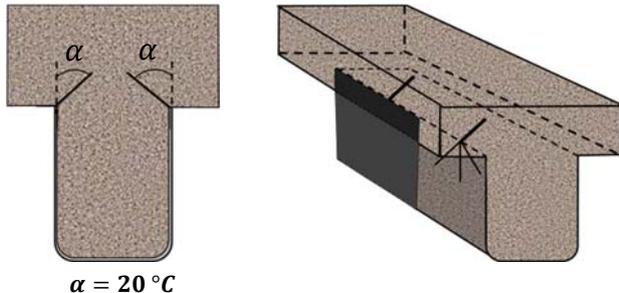
Propriété	SikaWrap 230 C	SikaWrap 300 C	SikaWrap 600 C
Module d'élasticité caractéristique E_{fk}	220 000 MPa	220 000 MPa	200 000 MPa
Module d'élasticité moyen E_f	225 000 MPa	225 000 MPa	235 000 MPa
Résistance caractéristique en traction f_{fk}	3 200 MPa	3 200 MPa	2 400 MPa
Résistance de calcul f_{fd}	1 616 MPa	1 616 MPa	1 212 MPa

5.34 Loi de comportement de la mèche d'ancrage SikaWrap FX-50C

Pour rappel, les caractéristiques de l'ancrage SikaWrap FX-50C imprégné avec Sikadur-52 sont obtenues dans le sens longitudinal des fibres.

Valeurs obtenues suivant la section nette des fibres (28 mm²) :

- Résistance à la traction : 2 100 MPa
- Module d'élasticité : 230 000 MPa
- Allongement ultime : 0,90 %



$$\alpha = 20^\circ C$$

Figure 6 : Mèches d'ancrage Sika WRAP FX 50 C

L'effort caractéristique repris dans cette configuration est de 70 kN pour l'ancrage d'une mèche de chaque côté de la poutre. Le mode de rupture dans le béton permet d'obtenir une valeur d'effort de calcul pour une mèche d'ancrage :

	SikaWrap FX 50C
Effort de rupture	70 kN
Effort de calcul	38,9 kN

Le nombre de mèches par largeur de tissu est à définir par le bureau d'études en fonction de l'effort à reprendre.

5.4 Dimensionnement des renforts pour les structures en béton armé et béton précontraint suivant les recommandations TR55

5.4.1 Vérification préalable de la structure

Avant renforcement, c'est-à-dire en tenant compte uniquement des aciers existants et non des tissus SikaWrap, la structure doit reprendre

la totalité des charges prévues (charges initiales et charges nouvelles) à l'E.L.U. sous combinaisons accidentelles.

5.4.2 Dimensionnement à l'ELU

On doit d'abord s'assurer que l'effort tranchant ultime de calcul est inférieur à l'effort tranchant résistant maximal :

$$V_d < V_{Rd,max}$$

Dans le cas contraire, le renforcement vis-à-vis de l'effort tranchant n'est pas possible dû à la rupture du béton par compression.

La tenue de l'effort tranchant est assurée lorsque :

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s,f}$$

Où V_{Ed} est l'effort tranchant sollicitant et $V_{Rd,s,f}$ l'effort tranchant résistant définit comme suit :

$$V_{Rd,s,f} = V_{Rd,s} + V_{Rd,f}$$

Où $V_{Rd,s}$ est la contribution des cadres :

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$$

Avec :

- A_{sw} : section des cadres
- s : espacement des cadres
- z : bras de levier des aciers
- f_{ywd} : limite d'élasticité de calcul des cadres
- θ : angles d'inclinaison de bielles de compression

Et $V_{Rd,f}$ la contribution du tissu SikaWrap :

$$V_{Rd,f} = \frac{A_{fw}}{s_f} \left(d_f - \frac{n_s}{3} l_{t,max} \cos \beta \right) E_{fd} \varepsilon_{fse} (\sin \beta + \cos \beta)$$

Avec :

- $A_{fw} = 2 t_f b_f$: section de tissu (b_f largeur du tissu et t_f l'épaisseur du tissu selon §3.13).
- s_f : espacement entre bandes de tissu.
- d_f : distance entre les aciers de traction et la fibre supérieure du béton.
- n_s : 0 pour un recouvrement complet de poutre, 1 pour un recouvrement en U (pour des questions de mise en œuvre et d'efficacité du renforcement, la méthode de renforcement par enveloppement en U sera privilégiée).

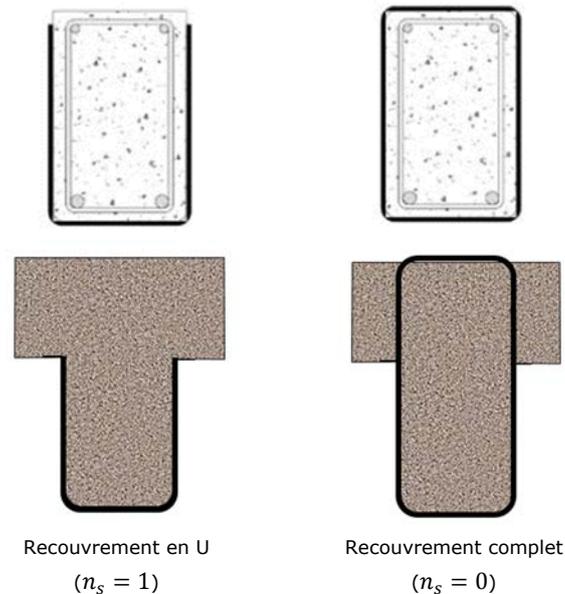


Figure 7 : Recouvrement des poutres

- $l_{t,max} = 0.7 \sqrt{\frac{E_{fd} t_f}{f_{ctk}}}$: longueur d'ancrage maximale.
- E_{fd} : module d'élasticité de calcul du composite.

- ϵ_{fse} : déformation effective du composite par rapport au cisaillement.
- β : angle d'inclinaison du composite par rapport à la fibre moyenne du béton.

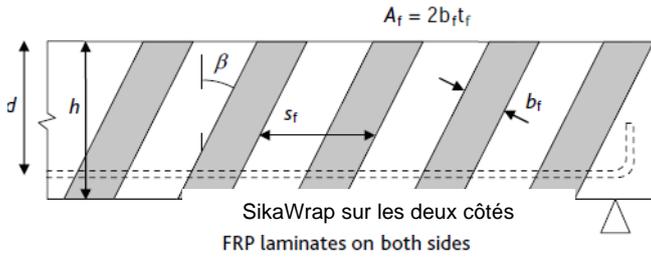


Figure 8 : Principe de renforcement à l'effort tranchant – Poutre rectangulaire

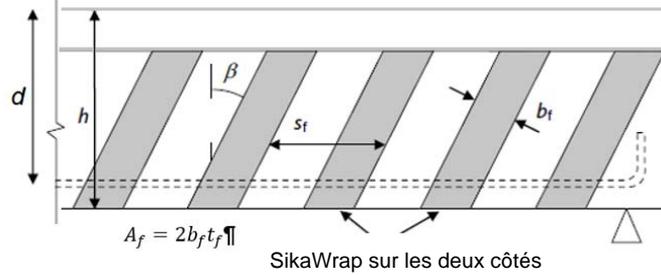


Figure 9 : Principe de renforcement à l'effort tranchant – Poutre T

On devra également s'assurer que la condition suivante est respectée :

$$\frac{f_{ywd}}{E_{fd}} < \epsilon_{fse}$$

Avec :

$$\epsilon_{fse} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{\epsilon_{fse}}{2} \\ 0,5 \sqrt{\frac{f_{ctk}}{E_{fd} t_f}} \\ 0,004 \end{array} \right.$$

Dans le cas où la hauteur utile de la poutre (pour un renforcement en U) ne permet pas de mettre en œuvre la section de tissu nécessaire au renforcement et donc de reprendre la totalité des efforts ($l_{t,max} = 0$), il conviendra d'augmenter l'ancrage des tissus à l'aide des mèches d'ancrage SikaWrap FX 50C. Le nombre de mèches par largeur de tissu dépend de l'effort à reprendre.

Pour rappel, une section de poutre renforcée à l'effort tranchant par le renfort SikaWrap complété par le système d'ancrage par mèches SikaWrap FX 50C (à raison d'une mèche par face latérale de poutre) peut reprendre un effort de calcul jusqu'à 38,9 kN.

La mèche SikaWrap FX 50C doit être mise en œuvre conformément au paragraphe 8.7.

5.5 Dispositions constructives

Dans le cas où l'on souhaite espacer les bandes de renfort, il est important de vérifier que l'espacement s_f n'excède pas les valeurs suivantes afin d'empêcher l'ouverture de fissures :

- $s_f < 0,8 d_f$
- $s_f < d_f - \frac{n_s}{3} l_{t,max} \cos \beta$
- $s_f < b_f + \frac{d_f}{4}$

6. Renforcement de poteau en compression par confinement à l'aide du procédé SikaWrap suivant le BAEL / BPEL

6.1 Domaine d'utilisation et principe de dimensionnement

Le confinement par matériau composite PRFC permet d'augmenter l'effort normal que peut supporter un poteau (sain ou endommagé). L'application circonférentielle du procédé SikaWrap (Tissu de fibres de

carbone associé à la résine époxydique Sikadur) permet, en limitant les déformations transverses du béton, d'améliorer de façon significative le comportement en compression des poteaux.

L'effet du confinement est une augmentation de la capacité portante ultime du poteau.

Le principe de calcul retenu est basé sur les recommandations de l'AFGC 2003 rév. 2007.

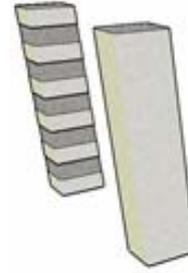


Figure 10 : Principe de renforcement des poteaux (confinement). (i) Confinement discontinu et (ii) confinement total

6.11 Elancement

La procédure de dimensionnement concerne uniquement des poteaux de section circulaire, carrée ou rectangulaire (dans la limite où le grand côté 'b' est inférieur ou égal à 1,5 fois le petit côté 'a') et dont l'élanement est réduit.

Pour que la méthode puisse être appliquée, les poteaux devront vérifier la condition suivante : $\lambda \leq 50$ (recommandations de l'AFGC 2003 rév. 2007).

Lorsque l'élanement est supérieur à cette valeur limite, les calculs lors du dimensionnement devront faire l'objet d'une étude plus approfondie (calculs de flambement par exemple ; Les renforts longitudinaux, seront placés sous les renforts de confinement. Ceux-ci permettront de diminuer le risque de flambement des poteaux si nécessaire et leur ancrage sera grandement augmenté).

6.12 Conditions de continuité

Les renforts de poteaux devront également respecter des dispositions constructives en ce qui concerne les ancrages et les longueurs de recouvrement, les rayons de courbure des renforts, et l'espacement entre bandes de renfort.

6.2 Résistance du béton confiné

La pression de confinement f_i provenant du renfort PRFC SikaWrap s'exprime par $f_i = E_p \cdot \epsilon_{fud}$ avec :

ϵ_{fud} : déformation à rupture du renfort PRFC

E_p : module de confinement (traduit la rigidité du confinement)

$$E_p = \frac{2t_f \cdot n_p}{D} \cdot E_f \quad \text{Section circulaire}$$

$$E_p = \frac{2t_f \cdot n_p}{b} \cdot E_f \quad \text{Section rectangulaire}$$

Avec

- E_f le module d'élasticité en traction du renfort PRFC SikaWrap ;
- t_f l'épaisseur du renfort PRFC SikaWrap ;
 - Epaisseur t_f d'une couche de renfort SikaWrap 230C : 0,129mm
 - Epaisseur t_f d'une couche de renfort SikaWrap 600C : 0,331mm
- b le grand coté pour un poteau de section rectangulaire ;
- D le diamètre pour une section circulaire ;
- n_p le nombre de plis.

La résistance de calcul en compression du béton confiné est :

$$f_{cd,c} = f_{cd} + \psi_f \alpha k_c k_h f_i$$

f_{cd}	Résistance de calcul en compression du béton
ψ_f	Coefficient de performance (fonction de la forme de la section du poteau)
α	Coefficient d'efficacité du confinement.
k_c, k_h	Coefficients minorateurs

Valeurs des coefficients à considérer :

- $\psi_f = 0,8$ pour une section circulaire
- $\psi_f = 0,6$ pour une section rectangulaire (avec angles arrondis de rayon R tel que $R \geq 35\text{mm}$)
- $\alpha = 3,45$ pour un béton d'usage courant $f_{ck} \leq 60\text{MPa}$
- k_c : Coefficient minorateur pour prise en compte de la forme de la section. Dans les poteaux de section circulaire, la pression de confinement est considérée uniforme. Par contre, dans le cas des poteaux présentant des sections rectangulaires ou carrées, seule une partie du noyau de béton est effectivement confinée, ce qui réduit l'efficacité du confinement.

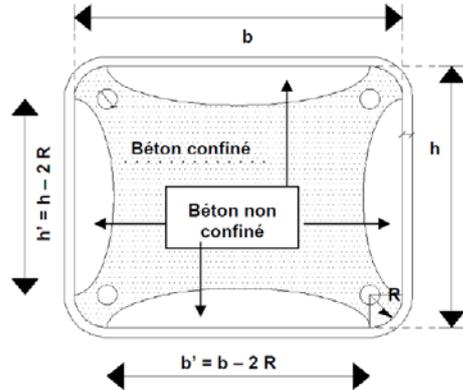
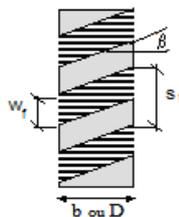


Figure 11 : Distribution non uniforme de la pression de confinement sur une section rectangulaire

$k_c = 1$	Section circulaire
$k_c = 1 - \frac{h'^2 + b'^2}{3A_c}$	Section rectangulaire

- k_h : coefficient minorateur pour prise en compte du type de confinement (continu, discontinu), la largeur ω_f du renfort PRFC SikaWrap, l'espacement S_f entre bandes et leur orientation (fonction de l'angle d'inclinaison β).
- Cas du renforcement continu : Pour un confinement total continu, $k_h = 1$
- Cas du renforcement discontinu :



Section circulaire	Section rectangulaire
$k_h = \frac{1}{1 + \frac{S_f}{\pi D}} \left(\frac{1 - \frac{S_f - \omega_f}{2D}}{1 - \rho_l} \right)$	$k_h = \frac{\left(1 - \frac{S_f - \omega_f}{2h} \right) \left(1 - \frac{S_f - \omega_f}{2b} \right)}{1 - \rho_l}$

Avec ρ_l le taux de ferrailage longitudinal (A_s/B), avec S_f fonction de β l'angle d'inclinaison des bandes et b , la longueur droite du côté ($b' = b - 2R$).

6.3 Calcul de la portance d'un poteau confiné

Un poteau renforcé par confinement à l'aide de renfort en PRFC SikaWrap peut reprendre la charge maximum :

$$N_u \leq \gamma_\lambda \times (B \times f_{cd,c} + A_s \times f_{su})$$

Avec γ_λ coefficient qui dépend de l'élanement λ :

$$\gamma_\lambda = \frac{0,85}{1 + 0,2 \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2} \quad \text{pour } \lambda \leq 50$$

6.4 Dimensionnement

L'élanement du poteau à renforcer doit satisfaire la condition suivante : $\lambda \leq 50$

Calcul de la résistance de calcul du béton confiné :

$$f_{cd,c} = \frac{1}{B} \left(\frac{N_u}{\gamma_\lambda} - A_s f_{su} \right)$$

Calcul de la pression de confinement requise :

$$f_l = \frac{f_{cd,c} - f_{cd}}{\psi_f k_c k_h \alpha}$$

Calcul du nombre de plis nécessaire de renfort SikaWrap :

$$n_p \geq \frac{D \cdot f_l}{2 \cdot t_f \cdot E_f \cdot \epsilon_{fud}} \quad \text{Pour une section carrée}$$

$$n_p \geq \frac{b \cdot f_l}{2 \cdot t_f \cdot E_f \cdot \epsilon_{fud}} \quad \text{Pour une section circulaire}$$

Pour mémoire, les caractéristiques des tissus sont comme suit :

Tableau 14 : Caractéristiques mécaniques des composites à utiliser pour le renforcement des poteaux (BAEL/BPEL)

	SikaWrap-230 C
Module d'élasticité E_f	225 000 MPa
Allongement de calcul ϵ_{fud}	0,6 %
Epaisseur t_f	0,129 mm

	SikaWrap-300 C
Module d'élasticité E_f	225 000 MPa
Allongement de calcul ϵ_{fud}	0,6 %
Epaisseur t_f	0,167 mm

	SikaWrap-600 C
Module d'élasticité E_f	235 000 MPa
Allongement de calcul ϵ_{fud}	0,6 %
Epaisseur t_f	0,331 mm

6.5 Dispositions constructives

6.51 Rayon de courbure des renforts SikaWrap

Les angles des poteaux doivent être préparés de manière à satisfaire un rayon de courbure $R \geq 35 \text{ mm}$.

6.52 Espacement entre bandes de renfort SikaWrap

L'espacement maximal entre bandes de renfort ($S_f - \omega_f$) sera limité à la plus petite des valeurs :

$$S_f - \omega_f < \min(40 \text{ cm} ; 1,5\varphi ; S_t)$$

- φ : diamètre minimal des armatures longitudinales comprimées afin de limiter le risque de flambement de ces armatures
- S_t : distance entre les cadres d'armatures transversales.

6.53 Conditions d'ancrage et longueur de recouvrement (l_{rec}) des renforts composites

Un soin particulier doit être apporté à la zone de recouvrement du composite car elle assure l'ancrage du renfort. Dans tous les cas, il faut au moins 10 cm de longueur de recouvrement pli sur pli. Afin d'éviter toute rupture par décollement / cisaillement interlaminaire, la longueur de recouvrement doit satisfaire la condition suivante :

$$l_{rec} \geq \max \left\{ \frac{f_{fud} \cdot t_f}{\tau_{f,d}} ; 10 \text{ cm} \right\}$$

l_{rec} : Longueur de recouvrement

f_{fud} : Contrainte limite en traction du renfort

t_f : Epaisseur du renfort

$\tau_{f,d,d}$: contrainte de cisaillement interlaminaire du renfort (16 MPa pour le SikaWrap 230C, 21 MPa pour le SikaWrap 300C et 32 MPa pour le SikaWrap 600C)

Dans le cas d'un confinement avec renforts inclinés (renforcement en spirale), l'ancrage du renfort PRFC SikaWrap doit être complété par une bande de renfort horizontal continu (au sommet et à la base du poteau), ancrée suivant la condition précédente, et dont la largeur est au moins égale à w_f .

7. Renforcement de poteau en compression par confinement à l'aide du procédé SikaWrap suivant le référentiel TR55 – NF EN 1992-1-1

7.1 Notations

σ_c	Contrainte dans le béton
σ_y	Contrainte dans les armatures
f_{ck}	Résistance caractéristique du béton
f_{c0}	Résistance du béton non confiné
f_{ccd}	Résistance du béton confiné
f_{yk}	Résistance caractéristique des armatures
ε_{c2}	Déformation à rupture du béton
ε_{ccu}	Déformation ultime du béton confiné
t_f	Epaisseur du composite
E_{fd}	Module d'élasticité de calcul du composite
ε_{fd}	Déformation de calcul du composite
$\varepsilon_{h,rupt}$	Déformation à rupture du composite par confinement
ρ_K	Ratio de rigidité du confinement
ρ_ε	Ratio de déformation
k_e	Facteur d'efficacité de confinement
D	Diamètre du poteau
R_c	Rayon de courbure des angles du poteau
b	Longueur du petit côté du poteau
h	Longueur du grand côté du poteau
e_i	Excentricité de la charge appliquée
h_c	Dimension la plus grande de la section à renforcer
l_0	Hauteur effective du poteau

7.2 Principes

Le confinement par matériau composite PRFC permet d'augmenter l'effort normal que peut supporter un poteau (sain ou endommagé). L'application circonférentielle du procédé SikaWrap (tissu de fibres de carbone associé à la résine époxydique Sikadur) permet, en limitant les déformations transverses du béton, d'améliorer de façon significative le comportement en compression des poteaux.

L'effet du confinement est une augmentation de la capacité portante ultime du poteau.

Les poteaux renforcés sont enveloppés complètement de tissu sur toute la hauteur.

Le principe de calcul retenu est basé sur les recommandations TR55, issues des principes de l'Eurocode 2 dans lesquelles il est précisé que l'excentricité e_i de la charge appliquée ne doit pas dépasser la valeur maximale parmi :

- $e_i = \frac{h_c}{30}$ en mm.
- $e_i = 20$ mm.
- $e_i = \frac{l_0}{400}$ en mm.

7.21 Type de poteaux considérés

La procédure de dimensionnement concerne uniquement des poteaux de section circulaire, carrée ou rectangulaire (dans la limite où le grand côté est inférieur ou égal à 1,5 fois le petit côté) et dont l'élanement est réduit.

7.22 Elancement

Pour que la méthode puisse être appliquée, les poteaux devront vérifier que l'élanement λ soit inférieur ou égal à 50.

Rayon de courbure des angles

Pour les poteaux de section carrée ou rectangulaire, les angles doivent être arrondis avec un rayon de courbure minimum :

$$R_c \geq 20 \text{ mm}$$

Le rayon de courbure R_c étant pris en compte dans le calcul du confinement. La valeur recommandée du rayon de courbure pour la préparation es angles est de 35 mm.

7.23 Ancrage

Il est nécessaire de prolonger la longueur du tissu au-delà de l'enveloppement complet du poteau afin d'avoir un recouvrement de 20 cm minimum et assurer la bonne transmission des efforts pour le confinement.

7.3 Résistance du béton confiné

Après avoir défini le choix du tissu pour le renforcement (épaisseur et nombre de couches), il convient de calculer la résistance f_{ccd} et la déformation ε_{ccu} ultime du béton confiné.

$$f_{ccd} = (1 + 5,25 (\rho_K - 0,01) \rho_\varepsilon) f_{c0}$$

$$\varepsilon_{ccu} = (1,75 + 6,5 \rho_K^{0,8} \rho_\varepsilon^{1,45}) \varepsilon_{c2}$$

Avec :

- f_{c0} : résistance du béton non confiné.
- $\varepsilon_{c2} = 0,002$ pour $f_{c0} < 50$ MPa.

Le facteur de rigidité du confinement ρ_K et le ratio de déformation ρ_ε quant à eux diffèrent suivant la géométrie de la section à renforcer.

7.31 Poteau de section circulaire

Le facteur de rigidité du confinement est :

$$\rho_K = \frac{2 E_{fd} t_f}{\left(\frac{0,85 f_{ck}}{\varepsilon_{c2}}\right) D} \geq 0,01$$

Le ratio de déformation est :

$$\rho_\varepsilon = \frac{\varepsilon_{h,rupt}}{\varepsilon_{c2}}$$

Où $\varepsilon_{h,rupt} = 0,6 \varepsilon_{fd}$ est la déformation à rupture du composite pour le confinement.

7.32 Poteau de section rectangulaire et carré :

Le facteur de rigidité du confinement est :

$$\rho_K = \frac{E_{fd} t_f}{\left(\frac{0,85 f_{ck}}{\varepsilon_{c2}}\right) R_c} \geq \frac{0,01}{k_e}$$

Avec :

- Pour les poteaux rectangulaires : $k_e = \frac{R_c}{b} \left(1 + \frac{b}{h}\right)$
- Pour les poteaux carrés : $k_e = 1$

Le ratio de déformation est :

$$\rho_\varepsilon = \frac{\varepsilon_{h,rupt}}{\varepsilon_{c2}}$$

Où la déformation à rupture du composite pour el confinement est :

$$\varepsilon_{h,rupt} = \varepsilon_{fd} \left[0,46 \left(\frac{2 R_c}{h}\right) + 0,14\right]$$

7.4 Vérification du renforcement

L'effort repris par le béton confiné est calculé comme suit :

$$N_0 = \gamma_\lambda \left(A_{c,net} f_{ccd} + \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_s} \right)$$

Où :

- $\gamma_\lambda = \frac{0,85}{1 + 0,2 \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2}$ coefficient qui dépend de l'élanement pour $\lambda \leq 50$
- $A_{c,net} = A_c - A_s$: aire nette du béton
- A_s : aire des aciers de compression
- f_{yk} : résistance caractéristique des armatures
- γ_s : coefficient partiel de sécurité sur l'acier
- f_{ccd} : résistance du béton confiné

Il doit être supérieur à l'effort sollicitant N_{Rd} calculé à l'ELU. Si ce n'est pas le cas, augmenter la section du tissu SikaWrap sélectionné (nombre de couches).

A partir de 3 couches de tissu SikaWrap 230C, il est conseillé de les remplacer par une couche de SikaWrap 600C.

7.5 Vérifications en service

Il est nécessaire de vérifier que la contrainte dans le béton et la contrainte dans les armatures vérifient les conditions suivantes :

- $\sigma_c = 0,6 f_{ck}$, sous combinaison caractéristique ;
- $\sigma_y = 0,8 f_{yk}$, sous combinaison caractéristique.

8. Fabrication

Les éléments entrant dans la constitution du procédé sont fabriqués par la société suisse Sika SCHWEIZ AG, sise à Zürich (Suisse).

8.1 Contrôles de fabrication

Le système de management de la Qualité de Sika France est en conformité avec la norme ISO 9001:2008 pour la conception, fabrication et commercialisation de l'ensemble de nos produits pour la construction et l'industrie (certificat N°89148-2010 délivré par l'organisme accrédité DNV).

Les résines Sikadur font l'objet du marquage CE obligatoire sur les produits de collage de renforts structuraux suivant la norme NF EN 1504-9, sous système d'attestation 2+ (Essais sur produits réalisés en usine, avec inspection et surveillance continue de la production en usine par un tiers externe). Les caractéristiques ont été mesurées conformément à la norme NF EN 1504-4.

8.2 Identification du produit

Les tissus et les mèches sont identifiés par un numéro de lot imprimé sur le carton contenant les rouleaux.

En ce qui concerne les résines, chaque emballage est identifié par un numéro de lot à relever sur l'étiquette lors de l'auto contrôle.

9. Mise en œuvre

9.2 Généralités

Le bon fonctionnement d'une réparation ou d'un renforcement par les procédés SikaWrap exige un support de bonne qualité.

Dans tous les cas, conformément à la norme NF EN 1504-10, la réalisation d'un diagnostic global de la structure, et en particulier des éléments à renforcer, par un organisme spécialisé est essentiel.

Il s'agit de déterminer notamment l'état du béton (résistance interne et cohésion superficielle, carbonatation, présence de chlorures, ...), l'état des armatures (section et positionnement, état de corrosion). Ces informations importantes influent sur le calcul des renforts PRFC.

Tous les produits qui seront mis en œuvre ultérieurement doivent être conservés dans les conditions de stockage mentionnées dans les Notices Produits.

9.3 Préparation du support pour renforts PRFC collés en surface (tissus)

La préparation mécanique du support a pour objet :

- - d'éliminer toute trace d'huile, de graisse, de laitance, de revêtements ou imprégnations existants, de produit de décoffrage, autres particules et salissures limitant l'adhérence de la colle époxy ;
- - de mettre en évidence d'éventuelles zones fissurées et/ou ségréguées, des cavités ou des armatures apparentes corrodées.

Le diagnostic permet de déterminer s'il faut éliminer les parties du support contaminées par la pénétration de chlorures, sulfates.

La préparation mécanique du support peut être réalisée par ponçage au disque diamanté, hydro-décapage*, hydro-sablage*, sablage, grenailage. Les méthodes qui affaiblissent la peau du béton ou qui peuvent générer de la fissuration de surface ne sont pas adaptées (bouchardage, burinage, décapage thermique, ...).

(*) dans ce cas, un temps de séchage de la surface décapée doit être observé avant la mise en œuvre des renforts PRFC.

Le but recherché n'est pas de créer une forte rugosité apparente mais plutôt d'éliminer la couche superficielle, ayant généralement une faible cohésion, pour arriver à la structure du béton (granulats apparents du béton).

L'entreprise retient le moyen le plus adapté en fonction de la qualité du support, de la présence d'une peinture ou d'un revêtement et des conditions d'environnement.

Les défauts de surface en saillie et arrêtes de coffrage sont éliminés par ponçage.

Les arêtes vives (angles de poutres ou poteaux) doivent être abattues, arrondies, jusqu'à un rayon d'au moins 20 mm, par exemple par ponçage au disque diamanté avant la mise en œuvre du tissu.

9.31 Cohésion superficielle du support après préparation du support

Après préparation, la cohésion superficielle du support béton doit être mesurée en se basant sur la norme NF EN 1542 (essai in-situ de traction directe sur pastilles métalliques collées au support – appareil dynamomètre de traction type Sattec) : valeurs mesurées $\geq 1,5$ MPa.

La valeur obtenue sert à caractériser le support avant la mise en œuvre des renforts PRFC mais aussi à valider les hypothèses prises lors du dimensionnement des renforts (vérification du glissement à l'interface PRFC/Béton).

Remarque : dans tous les cas, le support après préparation et juste avant le début du collage des renforts PRFC doit être soigneusement dépolié.

9.32 Aspect de surface après décapage

La surface du support préparé qui doit recevoir le collage du renfort PRFC doit présenter la tolérance de planéité donnée dans le référentiel TR55, de 5 mm sous la règle de 1 m.

En fonction de l'aspect de surface obtenu après décapage mécanique, il peut être nécessaire de procéder aux dispositions correctives suivantes :

- Procéder à des bouchages de petits défauts locaux (pores, bullage de surface, forte rugosité ponctuelle du parement) à l'aide du produit Sikadur-30.
- Procéder à des remplissages de cavités, à des reprofilages / ragréages ponctuels à l'aide du produit Sikadur-41EF ou Sikadur-30, ou des produits base ciment de la gamme Sika MonoTop (Sika MonoTop-412N, ...). Les travaux de réparation sont réalisés conformément aux normes NF P 95-101, NF EN 1504-10 et NF EN 1504-3.

Lorsque le diagnostic et la préparation du support ont mis en évidence des désordres liés à l'oxydation des armatures internes (fissures, épaufrures...), il est nécessaire, préalablement à l'opération de renforcement, de réparer la zone d'enrobage (consulter la norme NF EN 1504-10, et NF P 95-101).

Traiter les fissures inertes de largeur supérieure à 0,3 mm selon la norme NF P 95-103 afin de recréer le monolithisme des éléments de structure et d'éviter toute discontinuité de la surface de collage. Pour les fissures de grandes largeurs (> 2-3 mm), ouvrir les fissures et reboucher à l'aide d'un mortier de la gamme Sika MonoTop ou SikaTop. Pour les fissures de faible largeur, injecter selon les cas par gravité ou sous pression avec le produit Sikadur-52 Injection.

9.4 Conditions générales d'application

9.4.1 Conditions climatiques

Le support doit être à l'abri de la pluie et de toute arrivée d'eau. Il ne doit pas être gelé, ni présenter de film d'eau en surface au moment de la mise en œuvre des produits de collage structural Sikadur.

9.4.1.1 Respect de non condensation sur le support pendant le collage

Les opérations de collage de renforts PRFC ne doivent pas débiter s'il y a un risque de condensation sur le support.

Les contrôles périodiques de non condensation sont à réaliser préalablement au démarrage du malaxage du produit de collage Sikadur. La périodicité du contrôle est inhérente aux conditions précises de chaque chantier et du risque plus ou moins élevé de condensation (% Humidité Relative > 80% par exemple). Elle est donc à définir par l'entreprise en coordination avec le maître d'œuvre ou contrôleur.

- Mesures à effectuer : Relever simultanément la température ambiante, le taux d'humidité relative et la température du support.
- Objectif à atteindre :
 - Il faut vérifier que la température du support est supérieure d'au moins +3°C par rapport à la température du point de rosée.
 - Consulter le diagramme de Mollier en annexe ou utiliser des appareils spécifiques qui permettent des prises de mesures simples et rapides et à distance du support afin de savoir instantanément s'il y a ou non risque de condensation.

Solutions en cas de risque de condensation : il faut rechercher les conditions plus favorables permettant de s'éloigner du risque de condensation par exemple en réchauffant le support et l'air ambiant et/ou en abaissant l'humidité de l'air.

9.4.1.2 Plage de températures mini et maxi (support et ambiance)

Plage recommandée : entre +8°C et +35°C

En dehors de cette plage de températures, les conditions d'emploi ne sont pas optimales (Durée Pratique d'Utilisation, facilité de malaxage, vitesse de durcissement, facilité de mise en œuvre, ...).

9.42 Conditions de réception du support

Il est nécessaire de vérifier notamment avant le début des opérations de collage que le support est exempt de poussière et toute autre particule limitant l'adhérence des produits de collage. En effet, malgré le soin apporté à la préparation du support, il peut arriver que le moment prévu pour l'application soit décalé par rapport à la période de nettoyage du support (décalage dans le planning par exemple).

9.5 Méthodologie de mise en œuvre

Avant tout démarrage de la mise en œuvre, l'entreprise applicatrice doit disposer d'un plan de pose des renforts PRFC définissant :

- Le procédé à utiliser : SikaWrap
- Le type de renfort :
- Tissu SikaWrap (référence 300 C, 230 C, 600 C)
- La section des renforts : largeur, épaisseur
- Le nombre de couches de tissu collé à mettre en œuvre
- Le positionnement des renforts sur la structure
- L'espacement entre renforts
- La distance entre les renforts et les bords des éléments de structure
- Dans le cas de confinement de poteau carré ou rectangulaire : spécification de la valeur de l'arrondi (rayon) dans les angles du poteau car le dimensionnement dépend de cette valeur.

Les produits doivent être stockés dans les conditions requises : en particulier, les produits de collage doivent être conservés à température favorable pour pouvoir effectuer un mélange correct. Les produits à base de fibres de carbone (tissus) doivent être tenus à l'abri en particulier de la pluie, du soleil, de la poussière.

Répertorier les numéros de lots de fabrication des renforts PRFC utilisés : tissus SikaWrap et résines Sikadur.

Pour les cas d'application à basse ou haute température, stocker préalablement les produits pendant au moins 24 heures dans un lieu de stockage à température modérée et contrôlée pour faciliter le malaxage, l'application et améliorer les DPU.

Une attention toute particulière doit être portée aux conditions ambiantes et environnementales : vérifier les températures minimale et maximale pour le support, l'ambiance, le produit. Eviter les risques de condensation (température du support > température du point de rosée + 3°C).

9.6 Prescriptions de mise en œuvre particulières des tissus SikaWrap

Il convient au préalable de s'assurer que le tissu à mettre en œuvre est bien celui indiqué sur les plans d'exécution.

9.61 Préparation du tissu SikaWrap.

Découper soigneusement le tissu aux dimensions indiquées dans la note de calcul fournie par le Bureau d'Etudes.

Le tissu, une fois découpé, doit rester soit à plat, soit enroulé.

En aucun cas, il ne doit être plié afin de ne pas endommager les fibres.

Par ailleurs, veiller à le tenir hors poussière et à l'abri de l'humidité, du soleil.

9.62 Préparation de la colle Sikadur

Il faut choisir la colle et éventuellement le primaire, adaptés au tissu, comme indiqué au paragraphe 3.14.

- Homogénéiser chaque composant séparément dans son emballage.
- Verser la totalité du composant B dans le composant A.
- Mélanger avec un agitateur mécanique muni de l'hélice spécial Sikadur pendant 3 minutes à faible vitesse (300 tours/minute environ) afin de limiter l'inclusion d'air, jusqu'à obtenir un mélange de consistance homogène et de couleur uniforme.
- Si nécessaire, transvaser l'ensemble du mélange dans un récipient propre, puis mélanger à nouveau pendant environ 1 minute,
- La durée de vie en pot débute quand les 2 composants sont mélangés. Elle est plus courte à hautes températures et plus longue à basses températures. Plus la quantité mélangée est importante, plus la durée de vie en pot est courte. Pour obtenir une durée de vie en pot plus longue à hautes températures, diviser le produit une fois mélangé en plusieurs parties. Une autre méthode consiste à rafraîchir (pas en dessous de 5°C) les parties A et B avant de les mélanger.

9.63 Application du tissu SikaWrap-230 C / SikaWrap-300 C

Etape A : application de la couche de colle Sikadur-330 sur le support

- Sur le support béton préalablement préparé, appliquer à l'aide d'une spatule, d'une taloche crantée, d'un rouleau ou d'une brosse, la colle Sikadur-330 à raison de 0,7 à 1,2 kg/m² suivant la rugosité du

support. Cette couche correspond à la quantité de colle nécessaire pour traverser et imprégner complètement le tissu sur toute son épaisseur lors du marouflage.

Etape B : mise en œuvre immédiate du tissu (sur colle poisseuse)

- Immédiatement, sur la couche de colle « poisseuse », positionner et ajuster le tissu SikaWrap conformément au calepinage et au dimensionnement réalisés par le Bureau d'Etudes.
- Maroufler le tissu dans la colle à l'aide du rouleau Sika de marouflage jusqu'à l'obtention d'une structure homogène du composite PRFC. Le marouflage doit se faire dans le sens des fibres (sens longitudinal du tissu) et non transversalement afin d'éviter la formation de plis, d'étirement, de bulles d'air.

Si aucune couche supplémentaire de tissu (ou couche de mortier de protection) n'est prévue, la finition se fait à l'aide d'un pinceau pour uniformiser l'aspect de surface du composite PRFC ; sinon voir étape C.

Après application, protéger le système SikaWrap-230 C ou SikaWrap-300 C / Sikadur-330 de la pluie, de la poussière, et de tout autre contaminant jusqu'au durcissement du composite PRFC.

Cas de continuité de bandes de tissu (recouvrement dans le sens longitudinal) :

Lorsque l'on doit assurer la continuité du renfort dans le sens longitudinal entre une bande interrompue et une nouvelle bande, il y a lieu de prévoir une zone de recouvrement entre bandes. La longueur de recouvrement est d'au moins 100 mm et définie selon une note de calcul.

Cas de juxtaposition parallèle de bandes de tissu :

La mise en œuvre parallèle des bandes de tissu se fait généralement sans recouvrement.

Etape C (éventuelle) : superposition de couches de tissu

Pour chaque nouvelle couche, appliquer une couche de colle à raison d'environ 0,5 kg/m².

A 20°C, ceci doit être réalisé dans les 60 minutes qui suivent la pose de la couche précédente de tissu. Au-delà, respecter alors un temps d'attente d'au moins 12 heures avant de procéder à l'application d'une nouvelle couche de résine. Si l'application a lieu au-delà de 24h, prévoir un léger ponçage de la surface à l'aide d'un papier abrasif suivi d'un dépoussiérage et nettoyage à l'aide du Nettoyant Sikadur.

Nota : en cas de température basse et/ou d'humidité relative élevée pendant l'application, la surface du composite durci peut rester légèrement poisseuse. Avant de poursuivre, il faut enlever cette couche poisseuse : nettoyer la surface avec une éponge légèrement humidifiée, rincer et laisser sécher.

Reprendre l'exécution à l'étape B.

Etape D (éventuelle) : préparation avant finition par mortier.

Pour augmenter la rugosité nécessaire à l'adhérence d'un enduit de finition à base de ciment (par exemple SikaTop, Sika MonoTop, Sikafloor Level), il est recommandé d'appliquer une couche de résine d'environ 0,25 kg/m², puis de la saupoudrer, à l'état frais, de sable de quartz propre et sec de granulométrie 0,7/1,3 mm par exemple. Laisser sécher et aspirer les restes de sable avant d'appliquer le mortier.

Pour les finitions et protections, se reporter au §10.

9.64 Application du tissu SikaWrap-600 C

Etape A : application du primaire sur le support

Le choix du primaire Sikadur-300 ou -330 doit se faire en fonction du profil de la surface du support, des irrégularités, de la texture et du nombre de couches de tissu à mettre en œuvre :

- Cas général : support lisse, peu de rugosité, absence de bullage, appliquer le Sikadur-300. Consommation \approx 200 g/m². L'application se fait à l'aide d'un rouleau.
- Cas particuliers : si la surface du support présente une rugosité moyenne à importante, s'il y a un bullage important le primaire Sikadur-330 doit être utilisé. Consommation \approx 250 à 500 g/m². L'application se fait à l'aide d'un rouleau, d'une taloche crantée, d'une brosse, d'une truelle.
- Plusieurs couches de tissu à appliquer : utiliser le Sikadur-330. Il procure une meilleure adhérence initiale du système multicouche (cela limite le phénomène de glissement du système pendant la phase de durcissement). Consommation \approx 250 à 500 g/m². L'application se fait à l'aide d'un rouleau, d'une taloche crantée, d'une brosse, d'une truelle.

Etape B : imprégnation du tissu SikaWrap-600 C sur plan de travail

- Sur le plan de travail revêtu d'une feuille de plastique propre, répartir les 2/3 de la quantité prévue de résine Sikadur-300, soit environ 0,7 à 1 kg/m²,

- Placer le tissu SikaWrap-600 C prédécoupé sur la feuille plastique enduite de résine Sikadur-300.
- Imprégner le tissu dans la résine à l'aide d'un rouleau laine ou plastique ou raclette caoutchouc dans la direction longitudinale des fibres jusqu'à ce que la résine pénètre et sature le tissu.
- Répartir ensuite le 1/3 restant (0,3 à 0,5 kg/m²) de résine Sikadur-300 sur le tissu, puis enduire uniformément à l'aide du rouleau pour saturer complètement le tissu.
- Éliminer l'excès de résine Sikadur-300 si nécessaire. La consommation de résine peut être déterminée par pesées successives, avant et après saturation du tissu.

Étape C : Mise en place du tissu / marouflage sur le support

- Enrouler si nécessaire le tissu imprégné sur un tube en plastique ou en métal pour le transporter jusqu'à la zone d'application. De cette manière, le tissu ne risque pas de se déformer ou de se froisser. Laisser reposer le tissu sur le tube pendant 5 à 10 mn pour que la résine imprègne totalement le tissu sur toute son épaisseur.
- Positionner le tissu imprégné SikaWrap-600 C sur le support ayant préalablement reçu le primaire Sikadur. L'application doit avoir lieu sur primaire « frais » (c'est-à-dire encore poisseux).

La mise en place et le positionnement du tissu doivent être faits sur la base des éléments fournis par le Bureau d'études (positionnement, orientation des fibres, nombre de couches) et cela pendant le temps ouvert du primaire.

- Maroufler à l'aide du rouleau débulleur, pour éliminer les plis et les bulles d'air, sans étirer le tissu, en travaillant parallèlement à la direction longitudinale des fibres (et jamais transversalement) jusqu'à ce que la résine soit répartie uniformément et que les bulles d'air soient éliminées. Éviter d'appliquer un effort trop important lors du marouflage pour limiter la formation de plis et d'étirements dans le tissu SikaWrap.

Cas de continuité de bandes de tissu (recouvrement dans le sens longitudinal) :

Lorsque l'on doit assurer la continuité du renfort dans le sens longitudinal entre une bande interrompue et une nouvelle bande, il y a lieu de prévoir une zone de recouvrement entre bandes. La longueur de recouvrement est d'au moins 100 mm et définie selon une note de calcul.

Cas de juxtaposition parallèle de bandes de tissu :

La mise en œuvre parallèle des bandes de tissu se fait généralement sans recouvrement.

- Après application, protéger le système SikaWrap-600 C / Sikadur-300 de la pluie, de la poussière, et de tout autre contaminant.

Étape D (éventuelle) : superposition de couches de tissu.

Dans le cas où des couches supplémentaires de tissu doivent être mises en œuvre, répéter l'opération d'imprégnation et de marouflage comme décrit ci-dessus.

Le nombre maximum de couches n'est pas lié au tissu utilisé ou la colle, mais dépend de la qualité et de la capacité en cisaillement du support en béton.

L'application doit avoir lieu, frais sur fais, dans les 60 minutes (pour une température d'env. 23°C) qui suivent l'application de la couche précédente.

Si ce n'est pas possible, il faut respecter un temps d'attente d'au moins 12 heures avant d'appliquer la couche additionnelle. Si ce délai est dépassé, poncer légèrement la couche durcie à l'aide d'un papier abrasif et éliminer les poussières et nettoyer à l'aide du Nettoyant Sikadur ; appliquer une couche de primaire puis poursuivre la mise en œuvre comme décrit à partir de l'étape B.

Cas du confinement de poteaux : dans le cas de renforcement de poteau par confinement, le recouvrement des couches supplémentaires de tissu sur les précédentes couches doit être réparti uniformément sur la circonférence ou le périmètre du poteau (les joints ne doivent pas se trouver alignés).

Étape E (éventuelle) : préparation avant finition par mortier.

Consulter également le §10.

Pour augmenter la rugosité nécessaire à l'adhérence adéquate d'un enduit de finition à base de ciment (par exemple SikaTop, Sika MonoTop, Sikafloor Level) il est recommandé d'appliquer une couche de résine d'environ 250 g/m², puis de la saupoudrer, à l'état frais, de sable de quartz propre et sec de granulométrie 0,7/1,3 mm par exemple. Laisser sécher et aspirer les restes de sable avant d'appliquer le mortier.

Pour les finitions et protections, se reporter au §10.

9.7 Prescriptions de mise en œuvre particulières pour les mèches SikaWrap-FX 50C

9.7.1 Préparation du support

L'application des mèches SikaWrap FX-50C pour l'augmentation de l'ancrage des tissus SikaWrap nécessite une préparation du support supplémentaire en complément de la préparation décrite dans le paragraphe 8.3.

Pour la mise en œuvre des mèches SikaWrap FX-50C, un trou de diamètre de 16 mm et de profondeur minimale de 15 cm (ou autres dimensions selon les spécifications du bureau d'études) doit être foré à sec dans la zone comprimée de la dalle, soit parallèle à la retombée de la poutre, soit avec un angle maximum de 20° (suivant la présence des armatures en place).

Les angles extérieurs du trou doivent être arrondis à un rayon de 2 cm pour éviter tout dommage causé à la mèche (cisaillement, déchirure). Cet évasement en sortie de trou peut être réalisé avec une fraise toupie à béton ou à l'aide d'un foret de plus gros diamètre (ex : 25 mm).

Le trou une fois percé doit être nettoyé soigneusement pour éliminer les poussières et les particules friables. Nettoyer à l'aide d'une brosse et d'une pompe soufflante en alternant les deux outils au moins 3 fois.

A partir du trou, au minimum trois encoches doivent être créées sur la retombée de la poutre avec les dimensions minimales suivantes :

- Largeur : 8 - 10 mm
- Profondeur : 5 - 10 mm
- Longueur : 20 cm

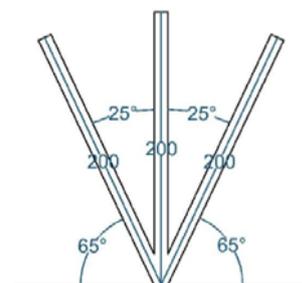


Figure 12 : Distribution des encoches

Les encoches doivent ensuite être brossées pour éliminer tout résidu, nettoyées et dépoussiérées par aspiration.

9.7.2 Préparation de la résine d'imprégnation Sikadur-52

Du fait de son conditionnement (kit pré dosé de 1 kg), il est préférable d'utiliser la résine Sikadur-52 pour l'imprégnation des encoches et de la partie des fibres de carbone à insérer dans le trou.

- Homogénéiser chaque composant séparément dans son emballage.
- Verser la totalité du composant B dans le composant A.
- Mélanger avec un agitateur mécanique muni de l'hélice spécial Sikadur pendant 3 minutes à faible vitesse (300 tours/minute environ) afin de limiter l'inclusion d'air, jusqu'à obtenir un mélange de consistance homogène et de couleur uniforme.
- Si nécessaire, transvaser l'ensemble du mélange dans un récipient propre, puis mélanger à nouveau pendant environ 1 minute,
- La durée de vie en pot débute quand les 2 composants sont mélangés. Elle est plus courte à hautes températures et plus longue à basses températures. Plus la quantité mélangée est importante, plus la durée de vie en pot est courte. Pour obtenir une durée de vie en pot plus longue à hautes températures, diviser le produit une fois mélangé en plusieurs parties. Une autre méthode consiste à rafraîchir (pas en dessous de 5°C) les parties A et B avant de les mélanger.

9.7.3 Préparation de la résine de scellement dans le trou et de collage dans les encoches, Sika AnchorFix-3030

- Dévisser le bouchon de la cartouche.
- Tirer le film d'emballage, couper ce film.
- Visser la buse mélangeuse.
- Introduire la cartouche dans le pistolet extrudeur.

9.7.4 Application des mèches d'ancrage SikaWrap FX-50C

- Couper la mèche à la longueur nécessaire à l'aide de ciseaux spéciaux (longueur totale = longueur à sceller + longueur extérieure de la mèche dans les encoches)

- Imprégner la longueur de la mèche à sceller (dénudée du film plastique de protection) avec le Sikadur 52 jusqu'à saturation complète, puis éliminer par pressage l'air et la résine en excès.
- Lier et serrer le bout de la mèche imprégnée grâce à un serre-fil en plastique. Couper la partie inutilisée du serre-fil.
- Éliminer le film plastique transparent de la mèche.
- Appliquer le Sikadur 52 dans les encoches à l'aide d'un pinceau.
- Remplir le trou dans le support en extrudant la cartouche de Sika AnchorFix 3030 (éventuellement en ajoutant un tube-rallonge plastique adapté pour atteindre le fond du trou). L'injection de la résine se fait en partant du fond tout en reculant progressivement la buse de mélange, sur les $\frac{3}{4}$ de la profondeur. Éviter les inclusions d'air.
- Insérer la mèche avec précaution dans le trou à l'aide d'une tige guide raidisseur (ex : rayon de vélo).
- Quand le fond du trou est atteint, retirer avec précaution la tige sans faire ressortir la mèche. Bien veiller à introduire la mèche d'ancrage pendant le temps ouvert de la résine.
- Séparer la partie extérieure non imprégnée de la mèche en 3 brins égaux à placer dans les encoches imprégnées (la résine étant encore poisseuse).
- Imprégner les fibres en place à l'aide de Sikadur 52 tout en les plaquant dans les encoches.
- Remplir les encoches à l'aide de la résine Sika AnchorFix 3030 (ou Sikadur 330) jusqu'à araser la surface.

Application des bandes de tissu SikaWrap en recouvrement :

- Frais sur frais ou dans les 24 heures qui suivent la mise en œuvre de la mèche, appliquer la résine Sikadur-330 (ou Sikadur-300 suivant la rugosité du support et du tissu à appliquer) sur le support en recouvrant la mèche scellée, pour permettre l'application du tissu de renforcement SikaWrap (se référer au §9.6).

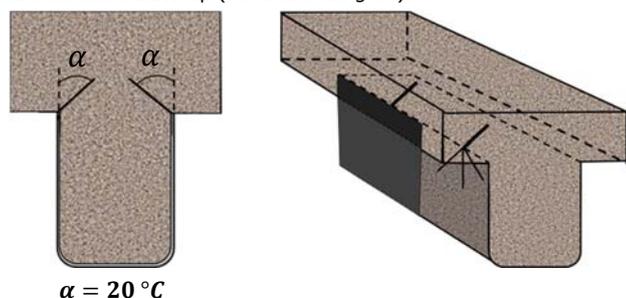


Figure 13 : Application des mèches

10. Finition et Protection des procédés SikaWrap

Une fois la mise en œuvre terminée, les renforts PRFC des procédés SikaWrap peuvent être recouverts pour des raisons esthétiques (aspect type béton, finition colorée) ou techniques (protection anti UV, abrasion hydraulique, choc, trafic, ...). Il convient alors de choisir parmi les possibilités suivantes. La protection au feu est un cas particulier.

Les tissus SikaWrap peuvent recevoir un revêtement de protection tels que : mortier époxydique (SikaTop 107 et SikaTop 121), hydraulique, à base plâtre, etc...

10.1 Protection anti UV, esthétique, température en service

Les renforts PRFC doivent être à l'abri du rayonnement solaire direct.

La protection anti UV ou esthétique peut être assurée par un des systèmes suivants : Gamme Sikagard (-675 W, -550 W, -680 S).

Coloris à définir suivant teinte retenue sur un nuancier RAL. Dans le cas d'une exposition directe au rayonnement solaire, il est recommandé de choisir un revêtement de couleur claire.

Cas de l'application sur un composite SikaWrap :

- Immédiatement après la fin de mise en œuvre de la couche de tissu, appliquer une couche de colle Sikadur (-300 ou -330 suivant le type du tissu)
- Puis la saupoudrer immédiatement à l'état frais par jet à la volée ou par pressage de sable de quartz propre et sec de granulométrie 0,7/1,3 mm par exemple
- Laisser durcir au minimum 24h et aspirer les restes de sable avant d'appliquer le revêtement Sikagard, généralement en 2 couches (consulter la Notice Produit).

Température d'exploitation de l'ouvrage en service continu permanent : elle est fixée à 35°C. Au-delà de cette température d'exploitation (cas de certaines zones en industrie notamment) il est nécessaire d'assurer la durabilité du renforcement en protégeant le plan de collage par un

mortier bas ciment (voir ci-dessus) ou par un procédé spécial si la température est élevée (voir §9.4).

10.2 Protection au feu (Stabilité au feu des structures à renforcer)

Le procédé de renforcement SikaWrap ne présente pas en l'état de résistance particulière au feu.

Lorsque la structure à renforcer est justifiée selon la norme NF EN 1992-1-2 et son Annexe Nationale en prenant en compte uniquement les armatures acier de béton armé existants, aucune disposition de protection au feu n'est à prévoir.

Dans le cas contraire, il faut prévoir une protection rapportée sur le procédé SikaWrap. Cette protection (dont la performance et les caractéristiques selon les possibilités de mise en œuvre seront appréciées) sera justifiée, afin que la température selon la durée d'exposition ne dépasse pas la température de transition vitreuse de la colle Sikadur considérée (Sikadur-330 ou Sikadur-300 pour le procédé SikaWrap) dans le plan de collage. La protection utilisée devra bénéficier d'un PV de résistance au feu délivré par un laboratoire agréé par le Ministère de l'intérieur sur support identique.

Lorsqu'un flocage doit être appliqué directement sur les tissus SikaWrap, la surface doit être parfaitement dégraissée, puis recevoir une couche de résine Sikadur, saupoudrée à l'état frais de sable de quartz propre et sec de granulométrie 0,7/1,3 mm.

10.3 Protection contre la corrosion

Les procédés SikaWrap sont à base de fibres de carbone et de résine époxy : aussi contrairement aux renforts traditionnels en acier, ils sont insensibles à la corrosion. Aucune protection particulière n'est ainsi nécessaire pour assurer la durabilité du renforcement.

11. Contrôle des travaux

Le contrôle interne (autocontrôle) est réalisé par l'équipe qui met en œuvre les procédés SikaWrap. Le plan de contrôle défini par l'entreprise reprend les différents points à contrôler avant, pendant, et après la mise en œuvre. Les annexes de ce document présentent un exemple de fiches d'autocontrôle.

Dès le début des travaux et tout au long du chantier, l'entreprise complète et tient à jour ces fiches d'autocontrôle. Ces fiches reprennent l'ensemble des résultats des contrôles décrits ci-après.

Elles doivent pouvoir être présentées à la demande du contrôleur technique ou du Maître d'œuvre.

Le contrôle externe est réalisé par le maître d'œuvre ou le contrôleur technique du chantier considéré.

A- Contrôles avant la mise en œuvre (voir paragraphe 9)

- Plan de pose des renforts PRFC disponible
- Produits disponibles sur site et stockage conforme aux indications des Notices Produit
- Test sur la qualité et la cohésion de surface du béton préparé selon le protocole de la norme NF EN 1542 : > 1,5 MPa. Dans le cas contraire, l'entreprise doit informer immédiatement le maître d'œuvre et/ou le contrôleur technique des valeurs obtenues.
- Vérification de l'état du support préparé : tolérance de planéité et de texture, traitement des éclats de béton avec ou sans armatures apparentes, fissures traitées ou injectées, angles arrondis, balèvres et arrêtes meulées ou poncées, absence de poussières ...
- Vérifications des conditions favorables de température de l'ambiance et du support, de l'humidité relative, du point de rosée (absence de condensation sur le support pendant les opérations de collage).
- Pour les travaux en extérieur : bonnes conditions climatiques sans pluie, gel dégel,
- Vérification de la disponibilité des EPI (Equipements de Protection Individuelle) pour l'ensemble du personnel et du matériel nécessaire à la mise en œuvre.
- Relevé des N° de lots des produits qui seront utilisés lors de la mise en œuvre.

B- Contrôle lors la mise en œuvre

- Bon état des produits juste avant la réalisation du mélange
- Homogénéité du mélange des produits (couleur et consistance)
- Suivi de la procédure d'application (voir exemple de fiches d'autocontrôle en annexe)
- Vérifier que le collage est continu sur toute la surface des renforts.
- Détecter la présence éventuelle de vides. Tout défaut décelé peut faire l'objet d'une injection à l'aide du Sikadur-52.

En complément et si cela est prévu dans le cadre du marché :

- Vérification de la résistance des colles durcies Sikadur-30, -330, -300 par mesurage de la dureté shore D sur échantillons prélevés, à l'aide d'un duromètre (après 2 j à 20°C, > 70).

- Sur une (des) zone(s) témoin représentative(s) choisie(s) en accord avec le maître d'œuvre prévoir le collage de bandes de PRFC témoin qui feront après durcissement du collage (généralement à échéance 7 jours à 20°C) l'objet d'essai d'adhérence par traction directe selon la norme NF EN 1542. Le nombre de pastilles est à définir avec le maître d'œuvre. Il faut noter que ces essais sont destructifs et ne permettent pas de compter sur le renfort, qui aura été testé, pour la résistance de la structure renforcée.

12. Fourniture et assistance technique

12.1 Assistance technique lors du dimensionnement

Sika met à disposition des bureaux d'études structures un logiciel d'aide au calcul Sika CarboDur, développé en interne, avec le choix entre plusieurs codes de calcul (suivant les restrictions régionales), et utilisé dans presque 100 pays à travers le monde depuis 2015.

Le bureau d'études utilisateur du logiciel reste responsable de sa bonne utilisation suivant le cahier des charges fourni, de la définition des hypothèses et des données d'entrée ainsi que de l'interprétation des résultats.

12.2 Qualification de l'entreprise applicatrice des procédés SikaWrap

Le Maître de l'ouvrage et le Maître d'œuvre doivent faire appel à une entreprise applicatrice qualifiée, expérimentée, assurée pour la réalisation de ces travaux.

De plus, afin de respecter les spécifications de mise en œuvre des procédés décrits dans le présent Dossier Technique, le personnel de l'entreprise doit être formé à l'utilisation des produits (composites PRFC, produits associés et complémentaires) par le service Formation Sika.

A la suite à cette formation, chaque personne formée reçoit un certificat qui atteste qu'elle a suivi le programme de formation spécialisé relatif à l'utilisation et à la mise en œuvre des produits et procédés SikaWrap.

12.3 Démarrage de chantier

Sur demande de l'entreprise, Sika assure l'assistance technique pour démonstration de la mise en œuvre des produits lors du démarrage du chantier.

B. Résultats expérimentaux

Procédé SikaWrap :

- Essai d'adhérence sur béton, par traction directe, par cisaillement, avant et après vieillissement accéléré, LCPC.

- Essai de traction uni axiale et de traction cisaillement interlaminaire, avant et après vieillissement accéléré, LGCIE.
- Rapport d'essais EPFL n°97.02 Carbon fiber shear strengthening of rectangular concrete beams
- Rapport d'essais EMPA n°405552E shear strengthening with CFRP fabric
- Rapport d'essais EMPA n°200137E/1 shear strengthening with CFRP fabric
- Essai de tenue aux UV du composite SikaWrap, Sika
- LMC2 – Mai 2016 – Caractérisation du tissu SikaWrap 600 C – Essai Cisaillement – Double recouvrement
- LMC2 – Septembre 2015 – Caractérisation du tissu SikaWrap 600C – Traction et cisaillement interlaminaire
- Sika – Mars 2016 – Glass Transition Temperature of Sikadur 300 cured at 23°C
- LMC2 – Septembre 2015 – Caractérisation du tissu SikaWrap 300C – Traction et cisaillement interlaminaire
- LMC2 – Septembre 2015 – Caractérisation du tissu SikaWrap 600C – Traction et cisaillement interlaminaire
- LMC2 – July 2018 - Characterisation of SikaWrap 300C – double lap shear test
- LMC2 – July 2018 – SikaWrap FX 50C – Characterisation of anchorage behavior – modified pull-out tests
- Politecnico Di Milano – 2014 – tensile and pull-out tests from concrete blocks on SikaWrap FX 50C impregnated with Sikadur 52

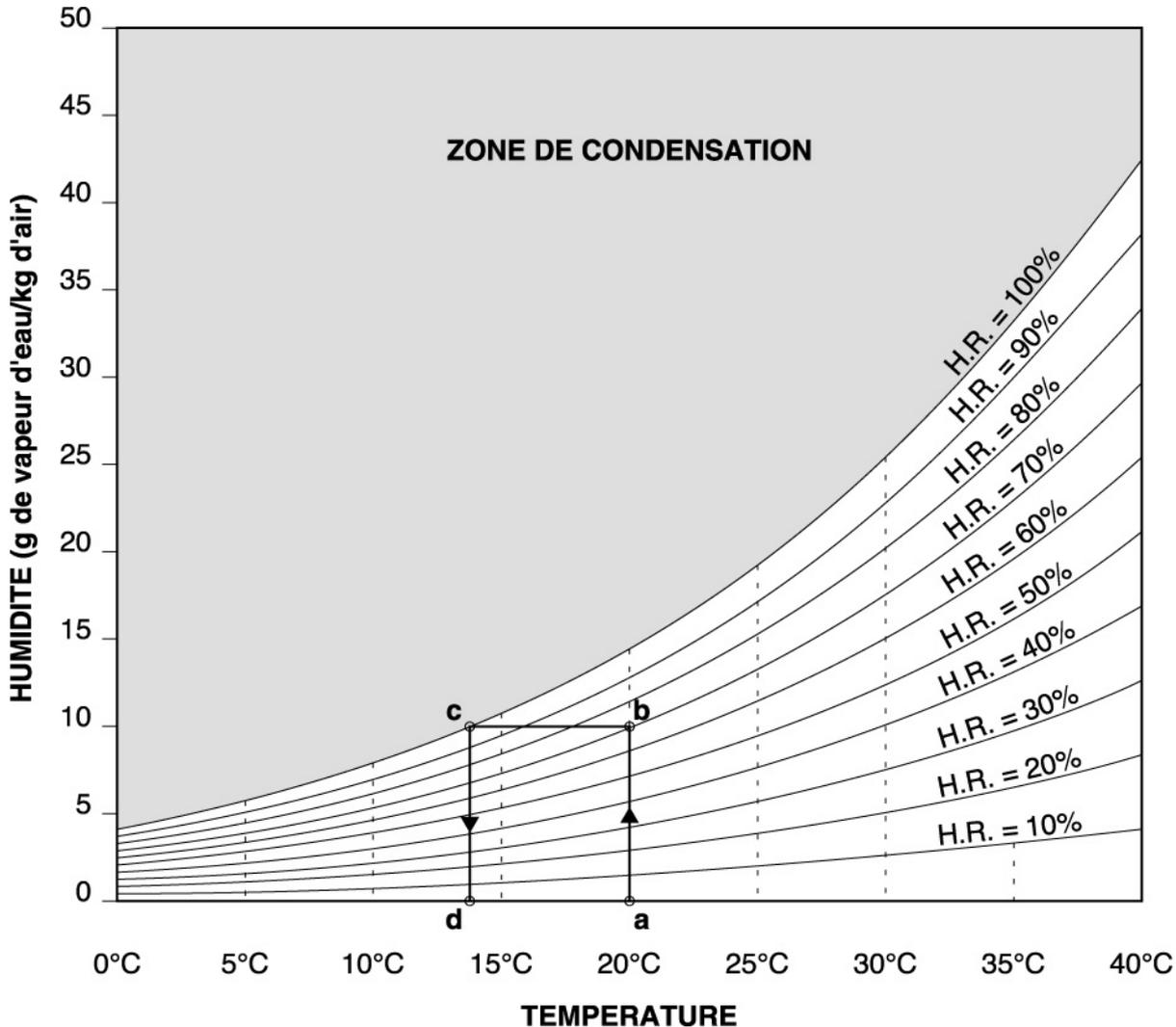
C. Références

- C.1 Données environnementales¹
- Le procédé « SikaWrap » 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 procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.
- C.2 Liste de références chantiers
- Liste non exhaustive de références :
- 2018 – Bayonne – Bâtiment ERP (Gare)
- 2019 – Bois-Colombes – Bâtiment ERP (Lycée)

¹ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis.

Annexe 1 - CONTRÔLE DU RISQUE DE CONDENSATION SUR LE SUPPORT

Pour contrôler le risque de condensation, il est possible d'utiliser soit le diagramme de Mollier ci-dessous soit d'utiliser un thermo hygromètre (mesurage de la température ambiante, de l'humidité relative, de la température du point de rosée) et un thermomètre de surface (mesurage de la température de la surface du support à renforcer). La température du support doit être supérieure à la température du point de rosée augmentée de 3 degrés.



Ce diagramme permet de contrôler le risque de condensation sur les supports.

Il faut connaître trois paramètres :

- La température ambiante,
- L'humidité relative de l'air,
- La température du support.

Un exemple est donné pour une température ambiante de 20°C et une humidité relative de 70 % :

- Pointer la température ambiante (point a),
- Prendre la verticale jusqu'à couper la courbe correspondante à l'humidité relative (point b),
- Suivre l'horizontale jusqu'à couper la courbe humidité relative égale 100 % (point c),
- Lire la température à la verticale de ce dernier point (point d).

Cette température est celle du support en dessous de laquelle il y a condensation.

La température du support doit donc être supérieure à cette dernière valeur augmentée de 3 degrés.

Exemple : pour une température ambiante de 20°C et une humidité relative HR de 70 %, la température du support doit être supérieure à 17°C (soit 14°C + 3°C).

Alternatives du diagramme de Mollier : utiliser des appareils de mesures de type Testo ou similaire :

- Thermomètre laser infrarouge Testo 830 : mesure à distance de la température de surface.
- Thermo-hygromètre Testo 610 : mesure de l'humidité relative de l'air, de la température ambiante et du point de rosée.

Tableau des points de rosée :

Température de l'air (°C)	Températures du point de rosée ¹ en °C pour une humidité relative de l'air de										
	45 %	50 %	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %
2	-8	-7	-5	-4	-3	-2	-2	-1	0	0	1
4	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	2	3
6	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	4	5
8	-3	-2	0	1	2	3	4	5	6	6	7
10	-1	0	1	3	4	5	6	7	8	8	9
12	0	2	3	4	6	7	8	9	10	10	11
14	2	4	5	6	8	9	10	11	12	13	13
15	3	5	6	7	9	10	11	12	13	14	14
16	4	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16
17	5	6	8	9	10	11	13	14	15	15	16
18	6	7	9	10	11	12	13	15	15	16	17
19	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18
20	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19
21	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20
22	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21
23	10	12	13	15	16	17	18	19	20	21	22
24	11	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23
25	12	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24
26	13	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25
27	14	16	17	19	20	21	22	23	24	25	26
28	15	17	18	19	21	22	23	24	25	26	27
29	16	18	19	20	22	23	24	25	26	27	28
30	17	19	20	21	24	24	25	26	27	28	29
32	19	20	22	23	25	26	27	28	29	30	31
34	20	22	24	25	27	28	29	30	31	32	33
36	22	24	26	27	28	30	31	32	33	34	35
38	24	26	28	29	30	32	33	34	35	36	37
40	26	28	29	30	32	33	35	36	37	38	39
45	30	32	34	35	37	38	40	41	42	43	44
50	35	37	38	40	42	43	44	46	47	48	49

Le tableau indique la température du point de rosée (apparition de condensation à la surface du support) en fonction de la température ambiante et de l'humidité relative de l'air.

Ex : pour une température ambiante de 10°C et une humidité relative de l'air de 70%, une condensation apparaît sur des surfaces (non absorbantes) pour des températures de surface de 5°C.

¹ Les températures du point de rosée sont arrondies au degré supérieur.

Fiche N° 1 - Contrôles préalables à la mise en œuvre des renforts PRFC

Entreprise : Date :

Référence chantier :

Type de structure à renforcer (poutre, dalle, poteau) :

Nature du support :

Localisation de l'application (référence, plan, étage, ...) :

.....

Nom de la personne chargée du contrôle interne :

Éléments à contrôler	conforme Oui / Non	Actions correctives
Diagnostic de la structure disponible Support contaminé par chlorures, sulfates, autres agents...		Demande au maitre d'œuvre si besoin
Préparation du support Absence de revêtement existant et imprégnation (peinture, revêtements, flocage, plâtre, hydrofuges de surface, ...)		Elimination des revêtements : décapage par sablage, lavage eau haute pression, ponçage, ...
Absence de laitance, huile, graisse, lichens, mousses,		Elimination de la laitance et des impuretés : sablage, lavage eau haute pression, ponçage,
Absence de fissure inerte de largeur > 0,3 mm		Réparation, rebouchage ou injection selon NF P 95103
Absence d'éclats de béton avec ou sans armatures apparentes, de zones ségréguées (nids de cailloux)		Réparation suivant DTU 42.1, NF P 95101
Absence de défauts de surface : bullage, cavités		Réparation, surfaçage DTU 42.1, NF P 95101
Absence d'arêtes vives		Arête à abattre ou arrondir par ponçage
Angles de poutre ou de poteau arrondis (Rayon mini = 20 mm)		Angles à arrondir par ponçage
Planéité de surface : 5 mm sous la règle de 1 m		Ponçage, réparation
Cohésion de support et des éventuelles réparations existantes : Mesurage de la cohésion superficielle du béton par traction directe (essai de pastillage avec appareil sattec) après préparation, selon NF EN 1542 : moyenne des valeurs $\geq 1,5$ MPa Note : le nombre de pastilles, la(les) zone(s) à tester sont à définir avec le maître d'œuvre		Rendre compte au maitre d'œuvre/contrôleur technique pour arbitrage : - Nouveau mesurage, - Décapage puis reconstitution du béton de surface (NF P 95101, DTU 42.1)
Plan de pose des renforts disponible avec type de renforts PRFC, nombre de couches, espacement entre renforts, longueur des renforts,		Obtenir document auprès du bureau d'études d'exécution
Liste du Matériel et EPI disponibles pour tout le personnel		Obtenir information auprès de l'encadrement de chantier
Conditions de stockage et de conservation des produits conformément aux Notices produits (à l'abri du soleil, de la pluie, température 10 à 20 °C recommandée)		Mise en stockage conforme

Fiche N° 2 - Contrôles lors de la mise en œuvre du tissu SikaWrap-230 C

Entreprise : Date :
 Référence chantier :
 Type de structure à renforcer (poutre, poteau) :
 Nature du support :
 Localisation de l'application (référence, plan, étage, ...) :

 Nature du renfort utilisé (référence du tissu) : (ex : SikaWrap-230 C largeur 300 ou 600 mm)
 N° de lot des produits (tissu, colle Sikadur-330) :
 Nom de la personne chargée du contrôle interne :

Éléments à contrôler	conforme Oui / Non	Actions correctives
Absence de pluie, de gel, de poussière sur l'élément à renforcer et la zone de travail		Attente des conditions favorables ou mise en œuvre de mesures de protection de la zone de travail pour être à l'abri.
Vérification des conditions de température : support / ambiance/ produits température : +10°C / +35°C (idéal : ≈ 20°C)		Attente des conditions favorables ou mise en œuvre de mesures (réchauffement ou refroidissement) pour être à l'abri. Stocker les produits dans un local à température contrôlée
Contrôle du risque de condensation (voir méthode en Annexe 1) Mesurage de la température ambiante, du taux d'humidité relative, de la température de surface du support		Voir §9.4 Conditions générales d'application. Attente des conditions favorables ou mise en œuvre de mesures : réchauffer le support et l'air ambiant et/ou abaisser l'humidité de l'air (déshumidifier).
Liste du Matériel et EPI disponibles pour tout le personnel		Obtenir information auprès de l'encadrement de chantier
Préparation du tissu SikaWrap-230 C - référence SikaWrap-230 C en accord avec le plan de pose - longueur et largeur du tissu suivant plan de pose - tissu en bon état pour le collage : aspect, tissage, absence de défaut, tissu à plat ou enroulé (non plié), tissu non effiloché, - aspect : non souillé, absence de poussière, de résidu gras, d'eau, ...		Remplacement du tissu, référence conforme au plan ou à la note de calcul Découper une autre bande de tissu
Préparation de la colle Sikadur-330 Mélange des composants de la colle Sikadur pendant au moins 3 mn jusqu'à obtenir consistance homogène, couleur uniforme		Poursuivre le malaxage à vitesse ≤ 300 tr/mn avec l'hélice Sikadur adaptée
Pose du tissu : méthode à sec sans imprégnation préalable du tissu - Repérage du positionnement sur le support : conforme au plan de pose - Encollage du support : quantité suffisante pour imprégner le tissu lors du marouflage - placage du tissu sur le support encollé : tissu tendu - Marouflage du tissu avec rouleau Sika dans le sens longitudinal des fibres : composite homogène, sans bulle d'air, sans plis		Voir plan de pose
		Régler quantité de colle pour imprégner le tissu avec la colle déposée sur le support
		Éliminer les plis, les fibres doivent être alignées
		Éliminer les bulles d'air et les plis, marouflage complémentaire
Cas de superposition de couches de tissu Immédiatement après l'application de la 1ere couche - Application d'une couche de colle Sikadur-330 sur la 1ere couche de tissu déjà en place - Placage du tissu et marouflage comme ci-dessus		Si temps d'attente > 1h attendre 12 h au moins avant d'appliquer une nouvelle couche de tissu. Si l'application est faite après plus de 24 h d'attente, prévoir au préalable un léger ponçage, dépoussiérage et nettoyage avant d'appliquer la colle sur la 1ere couche de tissu déjà en place

Fiche N° 3 - Contrôles lors de la mise en œuvre du tissu SikaWrap-300 C

Entreprise : Date :
 Référence chantier :
 Type de structure à renforcer (poutre, poteau) :
 Nature du support :
 Localisation de l'application (référence, plan, étage, ...) :
 Nature du renfort utilisé (référence du tissu) : SikaWrap-300 C largeur 100 mm
 N° de lot des produits (tissu, colle Sikadur-330) :
 Nom de la personne chargée du contrôle interne :

Éléments à contrôler	conforme Oui / Non	Actions correctives
Absence de pluie, de gel, de poussière sur l'élément à renforcer et la zone de travail		Attente des conditions favorables ou mise en œuvre de mesures de protection de la zone de travail pour être à l'abri.
Vérification des conditions de température : support / ambiance/ produits température : +10°C / +35°C (idéal : ≈ 20°C)		Attente des conditions favorables ou mise en œuvre de mesures (réchauffement ou refroidissement) pour être à l'abri. Stocker les produits dans un local à température contrôlée
Contrôle du risque de condensation (voir méthode en Annexe 1) Mesurage de la température ambiante, du taux d'humidité relative, de la température de surface du support		Voir §9.4 Conditions générales d'application. Attente des conditions favorables ou mise en œuvre de mesures : réchauffer le support et l'air ambiant et/ou abaisser l'humidité de l'air (déshumidifier).
Liste du Matériel et EPI disponibles pour tout le personnel		Obtenir information auprès de l'encadrement de chantier
Préparation du tissu SikaWrap-300 C - référence SikaWrap-300 C en accord avec le plan de pose - longueur et largeur du tissu suivant plan de pose - tissu en bon état pour le collage : aspect, tissage, absence de défaut, tissu à plat ou enroulé (non plié), tissu non effiloché, - aspect : non souillé, absence de poussière, de résidu gras, d'eau, ...		Remplacement du tissu, référence conforme au plan ou à la note de calcul Découper une autre bande de tissu
Préparation de la colle Sikadur-330 Mélange des composants de la colle Sikadur pendant au moins 3 mn jusqu'à obtenir consistance homogène, couleur uniforme		Poursuivre le malaxage à vitesse ≤ 300 tr/mn avec l'hélice Sikadur adaptée
Pose du tissu : méthode à sec sans imprégnation préalable du tissu - Repérage du positionnement sur le support : conforme au plan de pose - Encollage du support : quantité suffisante pour imprégner le tissu lors du marouflage - placage du tissu sur le support encollé : tissu tendu - Marouflage du tissu avec rouleau Sika dans le sens longitudinal des fibres : composite homogène, sans bulle d'air, sans plis		Voir plan de pose Régler quantité de colle pour imprégner le tissu avec la colle déposée sur le support Éliminer les plis, les fibres doivent être alignées Éliminer les bulles d'air et les plis, marouflage complémentaire
Cas de superposition de couches de tissu Immédiatement après l'application de la 1ere couche - Application d'une couche de colle Sikadur-330 sur la 1ere couche de tissu déjà en place - Placage du tissu et marouflage comme ci-dessus		Si temps d'attente > 1h attendre 12 h au moins avant d'appliquer une nouvelle couche de tissu. Si l'application est faite après plus de 24 h d'attente, prévoir au préalable un léger ponçage, dépoussiérage et nettoyage avant d'appliquer la colle sur la 1ere couche de tissu déjà en place

Fiche N° 4 - Contrôles lors de la mise en œuvre du tissu SikaWrap-600 C

Entreprise : Date :
 Référence chantier :
 Type de structure à renforcer (poutre, poteau) :
 Nature du support :
 Localisation de l'application (référence, plan, étage, ...) :

 Nature du renfort utilisé (référence du tissu) : SikaWrap-600 C largeur 300 mm
 N° de lot des produits (tissu, colle Sikadur-300) :
 Nom de la personne chargée du contrôle interne :

Éléments à contrôler	conforme Oui / Non	Actions correctives
Absence de pluie, de gel, de poussières sur la zone de travail		Attente des conditions favorables ou mise en œuvre de mesures de protection de la zone de travail pour être à l'abri.
Vérification des conditions de température : support / ambiance/ produits température : +15°C / +40°C (idéal : ≈ 20°C)		Attente des conditions favorables ou mise en œuvre de mesures (réchauffement ou refroidissement) pour être à l'abri. Stocker les produits dans un local à température contrôlée
Contrôle du risque de condensation (voir méthode en Annexe 1) Mesurage de la température ambiante, du taux d'humidité relative, de la température de surface du support		Voir §8.4 Conditions générales d'application. Attente des conditions favorables ou mise en œuvre de mesures : réchauffer le support et l'air ambiant et/ou abaisser l'humidité de l'air (déshumidifier).
Liste du Matériel et EPI disponibles pour tout le personnel		Obtenir information auprès de l'encadrement de chantier
Cas du confinement de poteau		
Angles de poteau arrondis conformément au plan ou à la note de calcul		Arrondir les angles conformément au plan ou note de calcul, par ponçage
Cas de poutres à renforcer à l'effort tranchant		
Angles de poutre arrondis		Angles à arrondir par ponçage
Préparation du tissu SikaWrap-600 C - référence SikaWrap-600 C en accord avec le plan de pose - longueur et largeur du tissu suivant plan de pose - tissu en bon état pour le collage : aspect, tissage, absence de défaut, tissu à plat ou enroulé (non plié), tissu non effiloché, - aspect : non souillé, absence de poussière, de résidu gras, d'eau, ...		Remplacement du tissu, référence conforme au plan ou à la note de calcul Découper une autre bande de tissu
Préparation de la colle Sikadur-300 Mélange des composants de la colle Sikadur pendant au moins 3 mn jusqu'à obtenir consistance homogène, couleur uniforme		Poursuivre le malaxage à vitesse ≤ 300 tr/mn avec l'hélice Sikadur adaptée
Pose du tissu : avec imprégnation préalable du tissu - Repérage du positionnement sur le support : conforme au plan de pose - Imprégnation complète du tissu sur un plan de travail		Voir plan de pose
- Encollage complet du support avec Sikadur-300 (ou Sikadur-330 si support rugueux – voir § 9 Mise en œuvre)		Ajouter de la colle Sikadur pour assurer l'imprégnation complète du tissu
- placage du tissu sur le support encollé : tissu tendu		Imprégner à nouveau le support
- Marouflage du tissu avec rouleau Sika dans le sens longitudinal des fibres : composite homogène, sans bulle d'air, sans plis		Éliminer les plis, les fibres doivent être alignées
		Éliminer les bulles d'air et les plis, marouflage complémentaire
Cas de superposition de couches de tissu Immédiatement après l'application de la 1ere couche - Application d'une couche de colle Sikadur-300 sur la 1ere couche de tissu déjà en place - Placage du tissu et marouflage comme ci-dessus		Si temps d'attente > 1h attendre 12 h au moins avant d'appliquer une nouvelle couche de tissu. Si l'application est faite après plus de 24 h d'attente, prévoir au préalable un léger ponçage, dépoussiérage et nettoyage avant d'appliquer la colle sur la 1ere couche de tissu déjà en place

Fiche N° 5 - Contrôles lors de la mise en œuvre de la mèche SikaWrap-FX 50C

Entreprise : Date :
 Référence chantier :
 Type de structure à renforcer (poutre, poteau) :
 Nature du support :
 Localisation de l'application (référence, plan, étage, ...) :

 Nature du renfort utilisé (référence de la mèche) : SikaWrap-FX 50C
 N° de lot des produits (colle Sikadur-52 / -300 / -330 et Sika AnchorFix 3030) :
 Nom de la personne chargée du contrôle interne :

Éléments à contrôler	Conforme Oui / Non	Actions correctives
Absence de pluie, de gel, de poussières sur la zone de travail		Attente des conditions favorables ou mise en œuvre de mesures de protection de la zone de travail pour être à l'abri.
Vérification des conditions de température : Support / ambiance/ produits Température : +15°C / +40°C (Idéal : ≈ 20°C)		Attente des conditions favorables ou mise en œuvre de mesures (réchauffement ou refroidissement) pour être à l'abri. Stocker les produits dans un local à température contrôlée
Contrôle du risque de condensation (voir méthode en Annexe 1) Mesurage de la température ambiante, du taux d'humidité relative, de la température de surface du support		Voir §9.4 Conditions générales d'application. Attente des conditions favorables ou mise en œuvre de mesures : réchauffer le support et l'air ambiant et/ou abaisser l'humidité de l'air (déshumidifier).
Liste du Matériel et EPI disponibles pour tout le personnel		Obtenir information auprès de l'encadrement de chantier
Angles à arrondir en sortie de trou de scellement		Angles à arrondir avec une fraise toupie à béton ou un foret de plus gros diamètre (ex. 25 mm)
Préparation de la mèche SikaWrap-FX 50C - référence SikaWrap-FX 50C en accord avec le plan de pose - nombre de mèches et découpe des longueurs suivant plan de pose - vérification du bon état de la mèche : protection par film plastique, absence de défauts, cordon non plié, fibres de carbone non emmêlées. - aspect : non souillé, absence de poussière, de résidu gras, d'eau, ...		Remplacement de la mèche, référence conforme au plan ou à la note de calcul Découper une autre longueur de mèche
Préparation des résines Sikadur-52 / -300 / -330 Mélange des composants de la colle Sikadur pendant au moins 3 mn jusqu'à obtenir consistance homogène, couleur uniforme		Poursuivre le malaxage à vitesse ≤ 300 tr/mn avec l'hélice Sikadur adaptée
Pose des mèches : - Repérage du positionnement sur le support : conforme au plan de pose		Voir plan de pose
- Imprégnation de la partie de la mèche à sceller sur un plan de travail + imprégnation des encoches avec Sikadur-52 / -300		Ajouter de la colle Sikadur pour assurer l'imprégnation complète des mèches et des encoches
- Remplissage du trou au ¾ par extrusion de Sika AnchorFix-3030 - Eviter l'inclusion d'air		
- Insertion de la partie de la mèche imprégnée dans le trou : mèche alignée dans le trou à l'aide du guide tige raidisseur - La résine en excès ressort du trou lors de l'insertion		Éliminer les plis, les fibres doivent être alignées Retirer immédiatement la mèche et recommencer le scellement
- Répartition équitable de la partie de mèche non imprégnée en 3 brins, les positionner dans les encoches, fibres alignées, sans plis et les imprégner (Sikadur-52 / -300)		
- Remplissage des encoches avec Sika AnchorFix 3030 ou Sikadur 330 - Araser la surface		
Application du tissu SikaWrap en recouvrement de la mèche SikaWrap FX-50C Frais sur frais ou dans les 24 heures qui suivent la mise en œuvre de la mèche : - Application d'une couche de colle Sikadur-330 ou -300 (suivant le type de tissu, le nombre de couches et la rugosité du support) sur la mèche en place - Préparation, installation du tissu et marouflage suivant les fiches d'autocontrôles n°1 à 4		Si l'application est faite après plus de 24 h d'attente, prévoir au préalable un léger ponçage, dépoussiérage et nettoyage avant d'appliquer la colle Sikadur pour le tissu.