


MAITRISE D'OUVRAGE	MAITRISE D'OEUVRE
 DIRECTION INTERDÉPARTEMENTALE DES ROUTES ATLANTIQUE	DIRECTION INTERDÉPARTEMENTALE DES ROUTES ATLANTIQUE (DIRA) SERVICE INGÉNIERIE ROUTIÈRE AQUITAINE (SIRA)
REPARATION DU PS DE MIREPORT A LORMONT  A630 – PS DE MIREPORT	

Groupement :    	Emetteur :  
---	--

<h1> Demande d'agrément Tissus carbone </h1>
--

Opération	Emetteur	Type document	N° document	Indice
MIR	NGC	DAF	1502	A

Indice N°	Date	Modifications	Etabli par	Vérifié par	Validé par
0	19/07/2024	Création du document	CQU	JLA	JLA
A	19/07/2024	Première diffusion	CQU	JLA	JLA

NGE GENIE CIVIL

Région Nouvelle Aquitaine



FICHE PAQ

DEMANDE D'AGRÉMENT FOURNITURE

Projet	Emetteur	Type doc	Numéro	Indice
MIR	NGC	DAF	1502	A

A630 - PS DE MIREPORT

REPARATION DU PS DE MIREPORT



DIRECTION  
INTERDEPARTEMENTALE  
DES ROUTES  
ATLANTIQUE

1 / PRODUIT DEMANDE

Désignation :

**Tissu imprégné en matériau composite**

Destination :

Renforcement des poutres au droit de la fissure et des blochets

PRODUIT PROPOSE

Désignation :

**Tissu de fibres carbone**

Caractéristiques du produit :

Cf fiche technique  
Poids de fibres 400 g/m²

2 / PROVENANCE

Fabricant :

**S&P**

Fournisseur :

**S&P**

3 / PIECES JOINTES

Fiche technique du tissu en fibres de carbone  
Avis technique du tissu en fibres de carbone  
Fiche de données de sécurité  
Instructions d'application

Nom et visa du responsable contrôle externe  
Abdellah BOUBCHIR

Nom et visa du responsable du chantier  
Clémentine QUEMENER

4 / DECISION DU MAITRE D'ŒUVRE

☐ OUI

☐ AVEC RÉSERVES

☐ NON

Observations :

Date :

Nom et visa :

# S&P C-Sheet 240

**Tissu de fibres de carbone pour  
le renforcement de structures**



A Simpson Strong-Tie® Company

## DESCRIPTION

Le S&P C-Sheet 240 est un tissu de fibres de carbone unidirectionnel à haute résistance pour le renforcement de structures en application par voie sèche ou humide. Le S&P C-Sheet 240 est collé sur la partie de structure à renforcer avec des résines époxy bi-composantes (S&P Resin 55 HP ou S&P Resicem HP).

Les tissus S&P C-Sheet 240 sont sous Avis Technique CSTB N° 3.3/19-989\_V1 du système FRP S&P.

## DOMAINES D'APPLICATION

Renforcement de structures en béton armé, en flexion, effort tranchant ou effort normal.

- Augmentation de la résistance et de la ductilité de la structure
- Augmentation de la résistance axiale de la structure par confinement
- Augmentation des charges utiles
- Remplacement d'armatures corrodées ou manquantes
- En cas de changement d'usage de l'ouvrage
- Correction d'erreurs de calcul et / ou de réalisation
- Augmentation de la résistance sismique
- Prolongation de la durée d'utilisation et de la durabilité
- Mise en conformité par rapport à de nouvelles normes

## AVANTAGES

- Flexibilité d'application même sur des supports bombés, piliers, silos, cheminées, murs, voûtes, etc.
- Disponible en différentes largeurs et épaisseurs
- Poids propre et épaisseur faibles
- Technique de renforcement simple, flexible et économique
- Résistant à la corrosion
- Interruption très courte d'utilisation de l'ouvrage
- Ni bruit ni vibration pendant l'application
- Recouvrable par un mortier technogrout, un LHM Tecnoimper Flex ou une peinture Tecnopint de la gamme S&P.
- Pas de réduction de gabarit, renfort discret et esthétique

## DONNÉES DU PRODUIT

### Description générale

S&P C-Sheet 240

### Apparence/Couleur

Fibre de carbone à haute résistance / unidirectionnelle (sens longitudinal), noir

### Conditionnement

Longueur des rouleaux: 100 m

Largeur des rouleaux: 300 mm

### Conditions de stockage

Température de stockage entre +5 °C et +35 °C.

A conserver à un endroit sec et protégé des rayons de soleil.



### DONNÉES TECHNIQUES

#### S&P C-Sheet 240

Tissu de fibres de carbone pour le renforcement de structures

Données techniques	Unité	C-Sheet 240 200g/m²	C-Sheet 240 300g/m²	C-Sheet 240 400g/m²	C-Sheet 240 600g/m²
Module d'élasticité*	kN/mm²	240	≥ 265	≥ 265	≥ 265
Résistance à la traction*	N/mm²	4400	5100	5100	5100
Poids de fibres, direction longitudinale	g/m²	200	300	400	600
Poids au m² de C-Sheet	g/m²	230	330	430	630
Densité*	g/cm³	1.77	1.8	1.8	1.8
Allongement à la rupture*	%	1.8	≥ 1.8	≥ 1.8	≥ 1.8
Epaisseur de dimensionnement (poids de fibres/densité) direction longitudinale	mm	0,113	0,167	0,222	0,333
Section théorique de dimensionnement Largeur: 1000 mm, direction longitudinale	mm²	113	167	222	333
Facteur de réduction "γ" pour le dimensionnement (laminage manuel/tissu uni-directionnel)		1.2 (Recommandé par S&P)	1.2 (Recommandé par S&P)	1.2 (Recommandé par S&P)	1.2 (Recommandé par S&P)
Résistance ultime à la traction Largeur: 1000 mm Avec "γ" / Sans "γ"	kN longitudinal	414 / 497	710 / 852	944 / 1132	1415 / 1698
Résistance à la traction de dimensionnement en flexion : Largeur: 1000 mm à ε = 0.6 %. Avec "γ" / Sans "γ"	kN longitudinal	136 / 163	221 / 266	294 / 353	441 / 529
Résistance à la traction de dimensionnement à l'effort tranchant : Largeur: 1000 mm à ε = 0.4 %. Avec "γ" / Sans "γ"	kN longitudinal	90 / 108	148 / 177	196 / 235	294 / 353
Tailles (Tailles spéciales sur demande)		Largeur: 300 ou 600 mm Longueur: 100 m	Largeur: 300 ou 600 mm Longueur: 100 m	Largeur: 300 ou 600 mm Longueur: 100 m	Largeur: 300 ou 600 mm Longueur: 100 m

\* Les valeurs données sont des valeurs moyennes selon les données techniques de la fibre utilisée

### DOSAGE / CONSOMMATION

Produit	S&P Resin 55 HP (imperméable à la vapeur)	S&P Resicem HP (perméable à la vapeur)
S&P C-Sheet 240, <b>200 g/m²</b>	600 - 800 g/m²	1100 - 1500 g/m²
S&P C-Sheet 240, <b>300 g/m²</b>	700 - 1000 g/m²	1300 - 1600 g/m²
S&P C-Sheet 240, <b>400 g/m²</b>	900 - 1300 g/m²	1400 - 1800 g/m²
S&P C-Sheet 240, <b>600 g/m²</b>	1100 - 1400 g/m²	1500 - 1900 g/m²
La consommation dépend de la planéité, de la rugosité et de la porosité de la surface d'application. La consommation effective peut donc varier.		

### PRÉPARATION

#### Conditions du support

Résistance à l'arrachement minimale du support : 1.5 N/mm² suivant Avis Technique ou comme spécifié dans les calculs statiques.

La température du support doit être de +8 °C minimum et supérieure à la température du point de rosée d'au moins 3 °C. L'usage du S&P Resin 55 HP (étanche à la vapeur) nécessite un taux d'humidité du béton de moins de 4% en poids (mesuré à l'appareil CM).

L'usage du S&P Resicem HP (perméable à la vapeur) nécessite un taux d'humidité du béton de 12 % du poids au maximum.

### Préparation du support – Béton

La surface doit être solide, sèche, propre et exempte de poussière et de parties non adhérentes, contaminations, huiles, matières grasses et toute autre substance à effet séparateur.

La surface doit être préparée à l'aide d'une technique adéquate comme le ponçage, décapage au jet de sable ou au jet d'eau à haute pression (>800 bar). Toute poussière doit être enlevée par aspirateur.

Pour effectuer des réparations dans le béton ou effacer des irrégularités, on peut utiliser le mortier de reprofilage S&P Resin 230 HP de préférence en travaillant « frais sur frais ». Si cela n'est pas possible, la surface doit être rendue rugueuse avant l'application du tissu pour assurer une adhérence suffisante entre le S&P Resin 230 HP et le S&P Resin 55 HP.

Si le S&P Resicem HP (meilleur comportement à la perméabilité de la vapeur) ou le S&P Resin 55 HP (étanche à la vapeur) est utilisé pour le collage, S&P Tecnogrout-Fibre peut être utilisé au préalable comme mortier de reprofilage. Respecter pour cela le temps de séchage du mortier pour obtenir la résistance et le taux d'humidité souhaité avant la pose du tissu.

### Traitement

Le découpage des tissus se fait avec des ciseaux.

**Ne jamais plier dans le sens transversal (seulement parallèlement à la fibre)!**

L'application des S&P C-Sheet 240 se fait par voie sèche ou humide en fonction de l'épaisseur du tissu.

Les détails sont disponibles dans les instructions d'application pour les S&P C-Sheet 240.

### Indications

Pour les travaux de renforcement, confier les travaux à des entreprises expérimentées, avec une formation adéquate. Rayon minimum pour le renforcement dans un angle sortant  $R \geq 25 \text{ mm}$ .

Dans le sens de la fibre le chevauchement doit être de 150 mm minimum. En sens transversal aucun chevauchement nécessaire.

La durée de vie en pot des résines époxy est à respecter pour l'application.

Les tissus peuvent être recouverts avec un mortier Technogrout Fib, un LHM Tecnoimper Flex ou une peinture Tecnopint de la gamme S&P, si l'on applique d'abord une couche de S&P Resin 55 HP ou S&P Resicem HP + sable de quartz, pour assurer l'adhérence.

**S&P propose des bases de dimensionnement ainsi que des logiciels spécialisés pour les systèmes FRP:**

- FRP Lamella – Dimensionnement en flexion / cisaillement de poutres / dalles
- FRP Colonna – Renforcement axial de poteaux

Pour davantage d'informations et un conseil individualisé veuillez contacter notre département d'ingénierie.



### S&P Rouleau à maroufler et débuller en téflon

Pour le laminage des S&P C-Sheet 240. Deux largeurs différentes (70, 120 mm).

### S&P Spatule en caoutchouc

Pour lisser les laminés et pour étaler la résine de laminage. Largeur 20 cm, disponible à la pièce.

### S&P Machine Wet-lay-up

Pour imprégner les laminés, adaptée en cas de grandes quantités.

### NETTOYAGE

#### Nettoyage de l'équipement

Le matériau non durci peut être nettoyé avec un solvant adapté. Le matériau durci ne peut être éliminé que mécaniquement.

### PROTECTION INCENDIE

Si nécessaire, le S&P C-Sheet 240 peut être protégé avec des plaques pare-feu. Les solutions possibles dépendent de la résistance au feu exigée.

Pour davantage d'informations, veuillez contacter notre service technique.

### TESTS

Toutes les données techniques publiées dans cette fiche technique se basent sur des tests effectués en laboratoire. Les mesures actuelles peuvent donc varier.

Contactez-nous si vous avez des questions sur les tests réalisés.

### SANTÉ & SÉCURITÉ

#### Consignes de sécurité importantes

Pour plus d'informations consulter la Fiche de Données de Sécurité actuelle que vous pouvez télécharger sur notre site internet [www.sp-reinforcement.fr](http://www.sp-reinforcement.fr).

La gamme de produits S&P est destinée à un usage industriel. Ils doivent être installés par du personnel spécialisé et des professionnels compétents, ayant suivi une formation adaptée. Les instructions d'application doivent être suivies et respectées, elles sont détaillées dans nos guides d'application.

Les informations contenues dans cette Fiche Technique sont valables pour les produits livrés par S&P Reinforcement France. Veuillez noter que les informations fournies par d'autres pays peuvent différer, toujours utiliser la fiche technique adaptée dans le pays considéré.

Les informations et données contenues dans cette fiche technique permettent d'assurer une utilisation normale du produit. Les informations et les données sont basées sur nos connaissances actuelles et notre expérience. Elles n'exonèrent pas l'utilisateur de sa propre responsabilité et de vérifier la pertinence de l'application.

S&P se réserve le droit d'apporter des modifications aux spécifications du produit. Nos conditions générales de vente et de livraison sont en outre applicables. La dernière version de cette fiche est la seule valable, veuillez nous contacter pour vérifier ou obtenir la version à jour.

#### Simpson Strong-Tie France

ZAC des 4 Chemins

85400 Sainte-Gemme-la-Plaine

Phone : +33 2 51 28 44 00

Web : [www.sp-reinforcement.fr](http://www.sp-reinforcement.fr)

E-Mail : [info@sp-reinforcement.fr](mailto:info@sp-reinforcement.fr)



# Avis Technique 3.3/19-989\_V1

Annule et remplace l'Avis Technique 3/14-773 et 3/14-773\*01 Mod

*Renforcement d'éléments  
de structure par collage de  
tissus verre et/ou carbone  
avec une matrice polymère  
Repair and Strengthening  
of structural elements of  
constructions with fiber  
reinforced polymers (FRP) -  
fabrics*

## SYSTÈME S&P C-Sheet

**Titulaire :** Société : S&P Renforcement France.  
Z.A.C des Quatre Chemins.  
FR – 85400 Sainte Gemme La Plaine.  
Tél : +33 25 128 44 77.  
Fax : +33 25 128 44 78.  
E-mail : [info@sp-reinforcement.fr](mailto:info@sp-reinforcement.fr)  
Internet : [www.sp-reinforcement.fr](http://www.sp-reinforcement.fr)

### Groupe Spécialisé n° 3.3

Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure

Publié le 2 octobre 2019



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](http://www.ccfat.fr)

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

© CSTB 2019

**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 11 04 2019, le procédé de renforcement par collage de tissus verres et/ou carbone avec une matrice polymère SYSTÈME S&P C-Sheet, présenté par la société S&P Renforcement France. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis annule et remplace l'Avis Techniques 3/14-773 et 3/14-773\*01 Mod. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Métropolitaine.**

## 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 ou trois composants.

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

### 1.2 Identification

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

- Tissus S&P C-Sheet 240 et S&P C-Sheet 640 : présentation en rouleaux. La dénomination et le numéro de lot sont indiqués sur tous les rouleaux. Les tissus sont livrés prédécoupés en usine sur mesure ou en rouleaux de 100 mètres (S&P C-SHEET 240) et 50 mètres (S&P C-SHEET 640).
- S&P Resin 55 ou S&P Resin 55 HP, colles pour tissus S&P C-Sheet : Colles époxydiques bi-composants livrées en kits. La dénomination de la colle est indiquée sur l'emballage du kit. La livraison se fait en pots métalliques de 6 kg, 13 kg ou autres conditionnements sur demande.
- S&P Resicem ou S&P Resicem HP, colles pour tissus S&P C-Sheet 240 : Colles époxy/ciment perméables à la vapeur d'eau pour le collage des tissus en cas d'emballage complet d'éléments en béton. Ce système améliore les échanges gazeux entre l'élément enrobé et l'extérieur.
- S&P Resin 220 ou S&P Resin 220 HP, colles époxy utilisées pour le reprofilage de faible épaisseur : Colles époxydiques bi-composants livrées en kits. La dénomination de la colle est indiquée sur l'emballage du kit. La livraison se fait en kits de 5kg, 15kg ou autres conditionnements sur demande.
- S&P RESIN 230 ou S&P Resin 230 HP : Mortiers époxy tri-composants utilisés pour reprofiler le support avant application des tissus S&P C-Sheet.

## 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 S&P.

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

L'Avis n'est valable que si la température de la résine, et celle du support au niveau du collage, n'excèdent pas les températures en service continu (supérieure à 24h) et en pointe (pendant 24h) indiquées dans le dossier technique établi par le demandeur.

Le domaine d'emploi accepté par le Groupe Spécialisé n°3.3 est celui couvrant les éléments en béton armé 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.

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 rapidement variables.

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.

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

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

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

- 47°C en pointe et 37°C en continu pour les S&P Resin 220 et S&P Resin 230
- 52°C en pointe et 40°C en continu pour les S&P Resin 220 HP et S&P Resin 230 HP
- 44 °C en pointe et 34°C en continu pour les S&P Resin 55 et S&P Resicem
- 48°C en pointe et 37°C en continu pour les S&P Resin 55 HP et S&P Resicem HP

Les Prescriptions Techniques (paragraphe 2.3 du présent Avis) précise les conditions dans lesquels le renforcement par le procédé S&P C-Sheet peut être envisagé.

L'avis est émis pour les utilisations en France Métropolitaine.

### 2.2 Appréciation sur le procédé

#### 2.2.1 Aptitude à l'emploi

##### 2.2.1.1 Stabilité

L'examen des performances de durabilité du complexe tissu-résine, au travers des essais de fluage effectués par le demandeur, permet de conclure que le 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 au §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 S&P C-Sheet sont non-classés ou classés F au sens des Euroclasses.

###### 2.2.1.2.2 Résistance au feu

En ce qui concerne la résistance au feu, le système de renforcement S&P C-Sheet 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

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. En dehors de ce point, les conditions de mise en œuvre ne sont pas de nature à créer d'autre risque spécifique. Il faut consulter les fiches de sécurité des produits avant manipulation.

## Données environnementales

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

## Aspects sanitaires

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

### 2.22 Durabilité - Entretien

La durabilité des éléments renforcés est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté. Comme précisé à l'article 2.1, cet Avis ne vise pas les utilisations en locaux (ou ambiances) suivants :

- Atmosphère agressive (type solvant) ;
- Lorsque la température est susceptible de dépasser la valeur en pointe indiquée dans le dossier technique établi par le demandeur (valeur de pointe : valeur dont la durée de maintien est inférieure à 24 heures) de la résine utilisée.

En effet, pour le premier cas, la stabilité des caractéristiques mécaniques de la colle n'est pas démontrée. Pour la seconde restriction, la température de transition vitreuse de la résine ne permet pas de dépasser une température en pointe indiquée au chapitre 2.1 du présent Avis.

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

### 2.23 Fabrication et contrôle

Les éléments entrant dans la constitution du procédé sont fabriqués dans des usines spécialisées.

La fabrication du tissu, ainsi que celle de la colle, font l'objet d'un plan d'assurance-qualité dans les usines concernées.

### 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

Le renforcement des éléments de structure peut induire la nécessité d'une reprise en sous œuvre des fondations, due aux majorations ou aux redistributions des efforts dans les éléments porteurs ou de remplissage en maçonnerie.

### 2.31 Conditions de conception et de calcul

Le dimensionnement du renforcement doit être réalisé par un bureau d'études de structure. S&P met à la disposition des calculateurs des logiciels de dimensionnement développés en interne et utilisé en Europe depuis 2000. Seul le calcul des renforts est possible avec le logiciel. Le logiciel ne permet pas le dimensionnement des cornières et des chevilles. 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 est à effectuer dans tous les cas hors situation d'incendie. Elle doit être réalisée 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)  $G + Q_1 + \sum \gamma_{0i} Q_i$ , où  $G$  représente la sollicitation due à la charge permanente et  $\sum \gamma_{0i} Q_i$  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 :

- (R1)  $\geq 0,63$  (S2), dans le cas d'un élément principal, dont la rupture est susceptible d'entraîner celle d'autres éléments (poutre porteuse, par exemple) ;

- (R1)  $\geq 0,50$  (S2), 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 :

**R1** : capacité résistante à l'ELU, en situation fondamentale, de l'élément non renforcé.

**S2** : sollicitation agissante à l'ELU, en situation fondamentale, sur l'élément renforcé.

#### 2.312 Renforcement vis-à-vis du moment de flexion

On note que, dans le cas d'une poutre renforcée à la flexion et à l'effort tranchant, la section prise en compte pour le dimensionnement à la flexion doit être la même que celle prise pour le dimensionnement à l'effort tranchant.

Les justifications à effectuer, vis-à-vis du moment de flexion, pour les éléments en béton renforcés par le système S&P C-Sheet, sont les suivantes :

**Calcul à l'ELS** : ce calcul est effectué selon les hypothèses classiques du béton armé, en tenant compte de l'historique du chargement et du renforcement (y compris un éventuel déchargement ou véringage provisoire en cours de travaux). Ceci conduit à superposer les états de contraintes relatifs aux deux situations suivantes :

- Ouvrage non renforcé, soumis aux sollicitations initiales, appliquées au moment où l'on entame les travaux de renforcement,
- Ouvrage renforcé, soumis aux sollicitations additionnelles.

Cette justification est menée en prenant en compte, sur les contraintes à rupture, les coefficients de sécurité donnés au paragraphe §4 du Dossier Technique établi par le demandeur.

Pour cette justification, il y a lieu de limiter la contrainte finale dans les armatures tendues existantes à la valeur  $f_{slim} = 0,80 f_{yk}$  sous combinaison caractéristique.

La contrainte de compression dans le béton est limitée à  $0,6 f_{ck}$  sous combinaison caractéristique et à  $0,45 f_{ck}$  sous combinaison quasi-permanente (AFGC Février 2011 §2.4.3).

- Dans le cas où le renfort composite n'est pas appliqué sur la totalité de la partie de la structure fissurée (risque de pénétration des agents agressifs), il y a lieu de justifier la maîtrise de la fissuration conformément au paragraphe 7.3 de la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale.

**Calcul à l'ELU** : ce calcul est mené conformément aux détails donnés dans le dossier technique établi par le demandeur. En plus des hypothèses classiques sur le béton et l'acier, les déformations des renforts S&P C-Sheet est limitée conformément aux indications données au paragraphe « Dimensionnement » du dossier technique établi par le demandeur.

**Vérification du glissement à l'interface composite-béton** : 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 vis-à-vis de l'effort tranchant

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

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 le chapitre 2.6 des règles AFGC (février 2011). Le renforcement n'est pas admis dans le cas d'un moment négatif sur l'appui considéré sauf si la poutre est complètement ceinturée comme décrit au paragraphe §4.83 du Dossier Technique établi par le demandeur.

Dans le cas des poutres sans table de compression les bandes de composite entourent la poutre.

Dans tous les cas, les vérifications vis-à-vis de l'effort tranchant doivent être effectuées conformément au paragraphe §4.8 du Dossier Technique établi par le demandeur.

Pour le cas des poutres sous une dalle, si l'ancrage total de l'effort tranchant dans la hauteur comprimée de la poutre est réalisé par des dispositions d'ancrage. Dans ce cas, il y a lieu de tenir compte des capacités résistantes du système d'ancrage, la poutre ainsi renforcée pouvant être justifiée sur la totalité de sa section (hauteur de table comprise).

### 2.314 Renforcement des éléments en béton précontraint

Le dimensionnement du renforcement des éléments en béton précontraint doit être effectué conformément au paragraphe §4.7 du Dossier Technique établi par le demandeur. Les principes de justifications sont identiques à ceux développés dans le cas du béton armé sauf en ce qui concerne les états limites 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.

### 2.315 Renforcement de poteaux en béton armé par confinement

Le renforcement par le procédé S&P C-Sheet 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 §5 du Dossier technique établi par le demandeur (principe de justification des recommandations de l'AFGC de 2011).

### 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) est appréciée favorablement.

### Validité

À compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 30/04/2024

## 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.

L'attention est attirée sur le fait que les Règles AFGC relatives aux éléments renforcés par composites fixent une température minimale de service continu de  $-20^{\circ}\text{C}$ .

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, dûment complétées, notamment pour ce qui concerne les conditions de réticulation qui sont fondamentales pour le bon fonctionnement du procédé.

*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 S&P C-Sheet est un système de renfort structural d'éléments en béton armé et béton précontraint. Les tissus S&P C-Sheet sont composés de fibres de carbone unidirectionnelles fixées sur une trame en polyester en différents grammages et différentes largeurs permettent un renfort à la flexion, à la compression et au cisaillement.

Tous les éléments sont fabriqués en usine à l'aide de fibres de carbone de qualité aéronautique.

Les deux logiciels d'aide au calcul FRP Lamella et FRP Colonna font partie intégrante du système S&P C-Sheet, et sont des outils adaptés pour les bureaux d'études chargés du dimensionnement.

Les S&P C-Laminate peuvent être associés aux S&P C-Sheet qui font l'objet d'un Avis Technique en cours de validité.

### 2. Domaines d'emploi

Le procédé S&P C-Sheet permet le renforcement structural d'éléments en béton armé et béton précontraint par collage de pièces en carbone en surface de la structure en cas d'augmentation des charges d'exploitation de l'ouvrage ou de malfaçon (ferraillage insuffisant, mal positionné, ...).

- Les tissus S&P C-SHEET 640, de par leur module d'élasticité élevé, sont utilisés pour l'augmentation de résistance à l'effort de cisaillement des poutres.
- Les tissus S&P C-SHEET 240, collés sur la partie tendue, sont utilisés pour le renfort de poutres ou planchers à la flexion. Ils permettent également, par confinement de renforcer des éléments comprimés tels que les poteaux vis-à-vis des efforts de compression. Ils sont également utilisés pour le renfort au cisaillement des poutres.

Exemples d'application :

- Renforcement de poutres et planchers de bâtiments d'habitations ;
- Renforcement de poteaux ;
- Renfort de trémies ;
- Renfort de silos et réservoirs.

Les domaines d'emplois principaux sont :

- La réparation de structures dégradées, pour la restitution de la résistance initiale.
- Le renforcement de structures, pour l'obtention d'une résistance supérieure à la résistance initiale.
- Une mise en conformité des ouvrages de bâtiment, génie civil, industriels ... en cas de changement de destination.

#### 2.1 Types de charges

L'utilisation du système est autorisée pour les charges statiques.

#### 2.2 Zones géographiques d'utilisation

L'utilisation du système est autorisée en France (métropole et Corse).

#### 2.3 Durabilité

La durabilité des éléments renforcés est normalement assurée, exception faite pour les utilisations en locaux (ou ambiances) suivantes :

- Atmosphère chimiquement agressive. Les conditions en bord de mer (sel, humidité, ...) ne sont pas considérées comme agressives.
- Lorsque la température est susceptible de dépasser les valeurs suivantes :
  - S&P Resin 220 : 47°C en pointe et 37°C en continu ;
  - S&P Resin 220 HP : 52°C en pointe et 40°C en continu ;
  - S&P Resin 55 et S&P Resicem : 44 °C en pointe et 34°C en continu ;
  - S&P Resin 55 HP et S&P Resicem HP : 48 °C en pointe et 37°C en continu.
- La température en pointe correspond à la température dont l'application est inférieure à 24h.

## 3. Description des matériaux

### 3.1 Tissus S&P C-Sheet

Les tissus S&P C-Sheet 240 et 640 ont des modules d'élasticité différents pour répondre au mieux aux différents domaines d'emploi.

#### Identification et marquage

Exemple de désignation : S&P C-Sheet 240, 200g

C-Sheet 240 Référence du type de tissu

200g Grammage [g/m²]

Un numéro de lot et la désignation sont apposés sur chaque rouleau.

#### Contrôles :

Chaque lot de fibre livré fait l'objet d'essais de contrôle interne, portant sur : le module d'élasticité, l'allongement à rupture, la densité et le diamètre du fil de carbone.

Les tissus S&P C-Sheet sont unidirectionnels et non tissés, l'embuvage des tissus est donc quasi nul (embuvage = déviation des fibres par tissage).

Caractéristiques techniques des tissus S&P C-Sheet 240 (unidirectionnel)	200 g/m²	300 g/m²	400 g/m²	600 g/m² (fabrication spéciale)
Poids des fibres [g/m²] (sens principal)	200	300	400	600
Poids au m² Sheet [g/m²]	230	330	430	630
Masse volumique [g/cm³]	1.77	1.8	1.8	1.8
Allongement à la rupture [%]	1.55	1.55	1.55	1.55
Épaisseur de dimensionnement (poids des fibres/densité) [mm]	0.113	0.167	0.222	0.333
Section théorique de dimensionnement, largeur de 1000 mm [mm²]	113	167	222	333
Livraison en rouleaux :	Largeur : 300 ou 600 mm Fabrication spéciale largeur 200mm			

Caractéristiques techniques des tissus S&P C-Sheet 640 (unidirectionnel)	400 g/m²
Poids des fibres [g/m²] (sens principal)	400
Poids au m² du S&P C-SHEET [g/m²]	430
Masse volumique [g/cm³]	2.12
Épaisseur de dimensionnement (poids des fibres/densité) [mm]	0.189
Section théorique de dimensionnement, largeur de 1000 mm [mm²]	189
Livraison en rouleaux : (Rouleaux spéciaux sur demande)	Largeur : 300 mm

Le dimensionnement des tissus S&P C-Sheet est mené exclusivement en tissu sec pour éviter les erreurs liées aux aléas de consommation de résine.

Les tissus peuvent être superposés jusqu'à 5 couches. De même, les tissus peuvent être pliés dans le sens longitudinal jusqu'à obtenir 5

couches. Ceci est possible car les tissus sont unidirectionnels. Dans ce cas l'application doit être réalisée en voie humide (voir chapitre 7).

Exemple : Un tissu de 300mm de large peut être plié en 2 dans le sens de la longueur, cela donne 2 couches de 150mm de large. Si on plie ce même tissu encore en 2 on obtient 4 couches de 75mm de large.

S&P produisant ses tissus dans sa propre usine, ils peuvent être obtenus, sur demande, dans des grammages différents de ceux donnés dans les tableaux ci-dessus et en différentes largeurs. Exemples : 550g/m<sup>2</sup> ou 475g/m<sup>2</sup>

### 3.2 S&P Resin 55 et S&P Resin 55 HP colles pour tissus S&P C-Sheet

Colle époxy bi-composant pour le collage et le marouflage des tissus S&P C-Sheet sur le support ;

Caractéristique	S&P Resin 55	S&P Resin 55 HP
Masse volumique	~ 1,11 kg/l	~ 1,15 kg/l
Délai de durcissement total	~ 7 jours	
Epaisseur d'application	voir consommations ci-après	
Température d'application	+8 °C à +35 °C	
Résistance à la traction sur béton	> 2,5 N/mm <sup>2</sup> (rupture dans le béton)	> 3,0 N/mm <sup>2</sup> (rupture dans le béton)
Humidité du support à l'application	< 4 %	
Résistance à la traction sur acier	≥ 15 MPa	
DPU	~ 45 min.	

Valeurs à 20° C et 65 % d'humidité relative.

### 3.3 S&P Resicem et S&P Resicem HP colles pour tissus S&P C-Sheet

Colles époxy/ciment pour le collage des tissus S&P C-Sheet; en cas d'emmaillotage complet d'un élément en béton ou de pose sur support avec une humidité > 4%. Ce système améliore les échanges gazeux entre l'élément enrobé et l'extérieur.

Caractéristique	S&P Resicem	S&P Resicem HP
Masse volumique	~ 1,36 kg/l	~ 1,30 kg/l
Délai de durcissement total	~ 7 jours	
Epaisseur d'application	voir consommations ci-après	
Température d'application	+8 °C à +35 °C	
Résistance à la traction sur béton	> 2,5 N/mm <sup>2</sup> (rupture dans le béton)	> 3,0 N/mm <sup>2</sup> (rupture dans le béton)
Humidité du support à l'application	< 10 %	
Résistance à la traction sur acier	≥ 12 MPa	≥ 14 MPa
DPU	~ 50 min.	~ 45 min.

Valeurs à 20° C et 65 % d'humidité relative

Consommation selon la rugosité du support de béton (valeurs usuelles). Les consommations peuvent être inférieures pour une pré-imprégnation mécanisée.

Tissu	Consommation de S&P Resin 55 S&P Resin 55 HP (Imprégnation)	Consommation de S&P Resicem S&P Resicem HP (Imprégnation)
S&P C-Sheet S&P 240 (200 g/m <sup>2</sup> )	~ 600 – 800 g/m <sup>2</sup>	~ 1100 – 1500 g/m <sup>2</sup>
S&P C-Sheet S&P 240 (300 g/m <sup>2</sup> )	~ 700 – 1000 g/m <sup>2</sup>	~ 1300 – 1600 g/m <sup>2</sup>
S&P C-Sheet S&P 240 (400 g/m <sup>2</sup> ) S&P C-Sheet S&P 640 (400 g/m <sup>2</sup> )	~ 900 – 1300 g/m <sup>2</sup>	~ 1400 – 1800 g/m <sup>2</sup>

S&P C-Sheet S&P 240 (600 g/m <sup>2</sup> )	~ 1100 – 1500 g/m <sup>2</sup>	~ 1500 – 1900 g/m <sup>2</sup>
---	--------------------------------	--------------------------------

### 3.4 S&P Resin 220 et S&P Resin 220 HP - Colles pour reprofilage de faible épaisseur

Colles époxy bi-composant pour reprofilage jusqu'à 5mm d'épaisseur avant application des tissus.

Caractéristique	S&P Resin 220	S&P Resin 220 HP
Masse volumique	~ 1,75 kg/l	~ 1,60 kg/l
Délai de durcissement total	~ 3 jours	~ 7 jours
Epaisseur d'application	jusqu'à 5 mm	
Température d'application	+8 °C à +35 °C	
Résistance à la traction sur béton	> 3,0 N/mm <sup>2</sup> (rupture dans le béton)	
Humidité du support à l'application	< 4 %	
Résistance à la traction sur acier	≥ 14 MPa	≥ 15 MPa
DPU	~ 60 min.	~ 90 min.

Valeurs à 20° C et 65 % d'humidité relative

### 3.5 S&P Resin 230 et S&P Resin 230 HP Mortiers de reprofilage des supports

Mortier époxy tri-composant utilisé pour reprofiler le support avant application des tissus S&P C-Sheet.

Caractéristique	S&P Resin 230	S&P Resin 230 HP
Masse volumique	~ 1,90 kg/l	~ 2,05 kg/l
Délai de durcissement total	~ 7 jours	~ 7 jours
Epaisseur d'application	50 mm par couche	
Température d'application	+8 °C à +35 °C	
Résistance à la traction sur béton	> 2,5 N/mm <sup>2</sup> (rupture dans le béton)	> 3,0 N/mm <sup>2</sup> (rupture dans le béton)
Humidité du support à l'application	< 4 %	
DPU	~ 60 min.	~ 90 min.

• Valeurs à 20° C et 65 % d'humidité relative

### 3.6 Pièces métalliques et ancrages pour renforcement à l'effort tranchant

Les cornières métalliques peuvent être :

- En acier S235 ou d'une nuance supérieure en fonction des efforts à reprendre. Dans ce cas, elles doivent être protégées de la corrosion. S&P fournira des pièces protégées par un complexe anticorrosion répondant aux sollicitations et compatible avec ses résines.
- En acier inoxydable. La qualité de l'acier inoxydable sera définie en fonction des sollicitations. Les surfaces seront préparées de manière adéquate pour le collage.

Les ancrages et tiges filetées seront en acier électrozingué ou inoxydables. Par exemple : Ancrage pour béton S&P TRD ou S&P TRD-A4 avec résines de scellement S&P ResAC-16 ou S&P ResEP-16.

La nuance et la protection anti-corrosion seront à adapter en fonction de chaque chantier et cela afin de répondre aux questions de durabilités et atmosphériques (classes de corrosivité de l'atmosphère conformes à NF EN ISO 9223).

La nuance d'acier sera à minima de type S235.

La protection anticorrosion, peut-être de type :

- Protection par peinture anticorrosion : HYDROSOB de la société SOB Peinture ou équivalent ;
- Électro zingage, galvanisation : Galvanisation à 60 micromètres d'épaisseur, conformément aux prescriptions de la norme NF EN ISO 1461, par exemple ;
- Galvanisation et peinture ;
- Acier inoxydable de type A2 ou A4 : Acier inoxydable de classe 304I (A2) ou 316L (A4), ou équivalent.

Dans tous les cas, il sera respecté les assemblages de système anticorrosion afin de ne pas créer de couple galvanique.

## 4. Dimensionnement

### 4.1 Introduction

Le dimensionnement du renforcement doit être réalisé par un bureau d'étude de structure. S&P met à disposition des calculateurs des logiciels de dimensionnement développés en interne et utilisés depuis 2000 en Europe. Seul le calcul des renforts est possible avec le logiciel. Le logiciel ne permet pas le dimensionnement des cornières et des chevilles. La responsabilité des résultats fournis par les logiciels et donc de la structure des logiciels reviennent au titulaire. Toutefois, le bureau d'étude structure utilisateur du logiciel reste responsable de la bonne utilisation des logiciels suivant le cahier des charges fourni, de la définition des hypothèses et des données d'entrée ainsi que de l'interprétation des résultats.

Le présent avis technique est réalisé conformément aux Eurocodes et aux règles AFGC 2011 car ce sont les normes actuelles. Toutefois nous offrons la possibilité de dimensionner selon les BAEL et BPEL 91 révisés 99 en se conformant à l'annexe 5 du présent avis technique.

### 4.2 Comportement du renfort FRP

#### 4.2.1 Notations

##### Matériau FRP

$E_{fu}$	Module d'élasticité moyen du matériau FRP
$E_{fk}$	Module d'élasticité caractéristique du matériau FRP (fractile 5%)
$\varepsilon_{fu}$	Allongement moyen à la rupture du matériau FRP
$\varepsilon_{fk}$	Allongement caractéristique à la rupture du matériau FRP (fractile 5%)
$f_{fu}$	Résistance moyenne à la rupture en traction du matériau FRP
$f_{fk}$	Résistance caractéristique à la rupture en traction du matériau FRP (fractile 5%)
$n_f$	Nombre de couches superposées de FRP
$m_f$	Nombre de bandes juxtaposées de FRP
$s_f$	Entraxe des bandes de FRP
$A_f$	Section de l'armature FRP
$t_f$	Épaisseur de l'armature FRP
$b_f$	Largeur de l'armature FRP
$a_r$	Distance entre axe des tissus et bord libre de l'élément
$t_s$	Profondeur de la rainure dans le béton
$b_s$	Largeur de la rainure dans le béton
$\sigma_{f,ELS}$	Contrainte de dimensionnement à l'ELS du matériau FRP
$\sigma_{f,ELU}$	Contrainte de dimensionnement à l'ELU du matériau FRP
$\varepsilon_{f,ELS}$	Allongement de dimensionnement à l'ELS du matériau FRP
$\varepsilon_{f,ELU}$	Allongement de dimensionnement à l'ELU du matériau FRP
$R_{fd,ELS}$	Résistance de dimensionnement à l'ELS du matériau FRP
$R_{fd,ELU}$	Résistance de dimensionnement à l'ELU du matériau FRP

##### Renfort à la flexion

$M_{Ek0}$	Moment caractéristique lors du renfort
$N_p$	Force de précontrainte caractéristique
$M_{p0}$	Part isostatique du moment de précontrainte caractéristique
$M_p'$	Part du moment de précontrainte dû à l'hyperstaticité de l'élément
$M_{Edf}$	Moment de dimensionnement de l'état renforcé
$M_{Ekf}$	Moment caractéristique de l'état renforcé
$M_{Rdf}$	Moment de dimensionnement admissible de la section renforcée
$M_{Rd0}$	Moment de dimensionnement admissible de la section non renforcée
$M_{Re0}$	Moment admissible de la section non renforcée (combinaison accidentelle)
$\eta_M$	Degré de renforcement à la flexion

$\gamma_{Me}$  Sécurité globale restante lors de la défaillance du renfort FRP

##### Ancreage

$f_{csm}$	Résistance à la traction superficielle du béton (moyenne)
$f_{ck,cube}$	Résistance à la compression du béton sur cube (valeur caractéristique)
$\gamma_c$	Coefficient de sécurité du béton
$F_{rd,E}$	Force de traction du renfort FRP au point E
$l_b$	Longueur d'ancrage du renfort FRP
$F_{bd}$	Valeur de dimensionnement de la force de rupture de l'adhérence
$F_{bd,max}$	Valeur de dimensionnement de la force maximale de rupture de l'adhérence
$l_{b,max}$	Longueur d'ancrage correspondant à la force maximale de rupture de l'adhérence
$\tau_{k,k}$	Valeur caractéristique de la résistance au cisaillement de la colle époxy
$\gamma_b$	Coefficient de sécurité de la colle époxy
$x_E$	Distance entre le point E et l'axe théorique de l'appui
$a_i$	Distance entre l'axe théorique de l'appui et l'arête du bord de l'appui
$f$	Distance entre l'extrémité du renfort FRP et l'arête du bord de l'appui
$a_L$	Décalage horizontal de la ligne de force de traction selon Eurocode 2

##### Effort tranchant

$V_{Edf}$	Valeur de dimensionnement de l'effort tranchant à l'état renforcé
$V_{max}$	Capacité maximale à l'effort tranchant de la section renforcée
$V_{Rd,c}$	Résistance au cisaillement du béton
$V_{Rd,s}$	Résistance au cisaillement de l'acier existant
$V_{Rd,max}$	Résistance maximum des bielles de compression
$\Delta V$	Effort tranchant admissible par le renfort de l'effort tranchant
$a_{sw}$	Section de l'armature d'étriers internes
$\sigma_{sw}$	Contrainte des étriers intérieurs
$\varepsilon_{fw,ELU}$	Allongement de dimensionnement à l'ELU pour le renfort à l'effort tranchant
$t_w$	Épaisseur des étriers externes
$b_w$	Largeur des étriers externes
$s_w$	Entraxe des étriers externes
$a_w$	Section de l'armature d'étriers externes par mètre
$A_w$	Section d'un seul étrier externe
$\sigma_{fw}$	Contrainte des étriers externes
$\sigma_{fw,ELU}$	Contrainte de dimensionnement à l'ELU pour le renfort à l'effort tranchant
$z_f$	Bras de levier interne entre la force de compression du béton et la force de tension du renfort flexionnel FRP

##### Confinement

$A_g$	section transversale totale du poteau
$A_s$	section transversale de l'armature longitudinale
$f_{c0}$	valeur caractéristique de la résistance du béton à la compression
$f_{cc}$	valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton confiné
$\alpha$	coefficient pour le chargement à long terme selon EC2
$f_s$	valeur caractéristique de la résistance de l'acier
$\gamma_{cc}$	coefficient de sécurité partiel pour la résistance tri-axial du béton
$\gamma_s$	coefficient de sécurité partiel pour la résistance de l'acier
$D$	diamètre de la section du poteau circulaire
$b$	grand côté de la section du poteau rectangulaire
$d$	petit côté de la section du poteau rectangulaire
$r$	rayon de courbure des angles du poteaux rectangulaire
$\rho_f$	ratio d'armature FRP
$\varepsilon_a$	déformation axiale du poteau
$\varepsilon_l$	déformation latérale
$\sigma_l$	compression effectif du confinement

### 4.3 Lois de comportement et caractéristiques du matériau C-Sheet

#### 4.31 Caractéristiques des tissus S&P C-Sheet à la flexion

Les contraintes et déformations à prendre en compte dans les calculs suivant les recommandations de l'AFGC 2011 sont celles indiquées dans les tableaux ci-dessous.

Dans les tableaux ci-dessous les valeurs à prendre pour le dimensionnement sont en gras.

Tissus S&P C-Sheet 240 en flexion			S&P C-Sheet 240
Allongement à la rupture (valeur moyenne)	$\epsilon_{fu}$	[‰]	15,5
<b>Module d'élasticité (valeur de calcul)</b>	<b><math>E_{fu}</math></b>	<b>[MPa]</b>	<b>240 000</b>
Contrainte de rupture (valeur moyenne)	$f_{fu}$	[MPa]	3 720
<b>Contrainte de dimensionnement à l'ELS</b>	<b><math>\sigma_{f,ELS}</math></b>	<b>[MPa]</b>	<b>1 200</b>
<b>Contrainte de dimensionnement à l'ELU</b>	<b><math>\sigma_{f,ELU}</math></b>	<b>[MPa]</b>	<b>1 720</b>
<b>Allongement de dimensionnement à l'ELS</b>	<b><math>\epsilon_{f,ELS}</math></b>	<b>[‰]</b>	<b>5,00</b>
<b>Allongement de dimensionnement à l'ELU</b>	<b><math>\epsilon_{f,ELU}</math></b>	<b>[‰]</b>	<b>7,17</b>

Exemple de dimensionnement pour un tissu C-Sheet 240, 400g/m2  
 Dimensionnement à l'ELS :  $R_{fd,ELS} = 1'200 \text{ MPa} \times 234\text{mm}^2 = 280.8 \text{ kN}$   
 Dimensionnement à l'ELU :  $R_{fd,ELU} = 1'720 \text{ MPa} \times 234\text{mm}^2 = 402.5 \text{ kN}$

#### 4.32 Caractéristiques des tissus S&P C-Sheet à l'effort tranchant

Tissus S&P C-Sheet 240 et 640 à l'effort tranchant			S&P C-Sheet 240	S&P C-Sheet 640
Allongement à la rupture (valeur moyenne)	$\epsilon_{fu}$	[‰]	15,5	4,0
<b>Module d'élasticité (valeur de calcul)</b>	<b><math>E_{fu}</math></b>	<b>[MPa]</b>	<b>240 000</b>	<b>640 000</b>
Contrainte de rupture (valeur moyenne)	$f_{fu}$	[MPa]	3 720	2 560
<b>Contrainte de dimensionnement à l'ELU</b> Pour l'utilisation avec ancrages par cornières métallique, limiter la contrainte de dimensionnement $\sigma_{fw,ELU}$ à 800 MPa	<b><math>\sigma_{fw,ELU}</math></b>	<b>[MPa]</b>	<b>960</b>	<b>1 190</b>
<b>Allongement de dimensionnement à l'ELU (Limitation interne S&amp;P)</b>	<b><math>\epsilon_{fw,ELU}</math></b>	<b>[‰]</b>	<b>4,00</b>	<b>1,86</b>
Allongement de dimensionnement à l'ELU selon AFGC 2011	$\epsilon_{fw,ELU}$	[‰]	7,17	1,86

Exemple de dimensionnement pour un tissu C-SHEET 240, 400g/m2  
 Dimensionnement à l'ELU :  $R_{fdw,ELU} = 960 \text{ MPa} \times 234\text{mm}^2 = 224.6 \text{ kN}$

### 4.4 Adhérence C-Sheet – support pour les systèmes C-Sheet collés en surface

La force de rupture de l'adhérence  $F_{bd}$  des tissus S&P C-Sheet n'augmente plus à partir d'une certaine longueur d'ancrage  $l_{b,max}$ . La force de rupture de l'adhérence maximale  $F_{bd,max}$  peut être déterminée à l'aide des propriétés des matériaux C-SHEET et de la résistance à la traction superficielle du support.

$$F_{bd,max} = 0,225 * m_f * b_f * \sqrt{E_f * n_f * t_f * \sqrt{f_{csd} * f_{cd,cube}}} [N/mm^2] \quad (1)$$

$$\text{Avec } f_{csd} = \frac{f_{csm}}{\gamma_c} [N/mm^2] \text{ et } f_{cd,cube} = \frac{f_{ck,cube}}{\gamma_c} [N/mm^2] \quad (2)$$

La force de traction  $f_{csm}$  est déterminée par essais d'adhérence par traction directe. Elle est de :

Minimum pour les tissus : 1.50 N/mm<sup>2</sup>

Maximum pour tissus : 3.00 N/mm<sup>2</sup>

La longueur d'ancrage correspondante  $l_{b,max}$  peut être déterminée par la relation suivante

$$l_{b,max} = 1,46 * \sqrt{\frac{E_f * n_f * t_f}{f_{csm} * f_{ck,cube}}} [mm] \quad (3)$$

La force de rupture de l'adhérence  $F_{bd}$  correspondant à une longueur d'ancrage  $l_b \leq l_{b,max}$  est de :

$$F_{bd} = F_{bd,max} * \frac{l_b}{l_{b,max}} * \left(2 - \frac{l_b}{l_{b,max}}\right) [N/mm^2] \quad (4)$$

### 4.5 Hypothèses de calcul

Les calculs sont menés conformément à l'Eurocode 2 en appliquant les règles mécaniques connues du dimensionnement classique du béton armé. En conformité avec les Eurocodes, le calcul au coefficient d'équivalence n'est pas retenu :

- Pour le dimensionnement en flexion on admet que les sections droites restent planes après déformation (hypothèse de Bernoulli).
- Une contribution de la résistance à la traction du béton n'entre pas en considération. Toutes les forces de traction nécessaires à l'équilibre interne sont reprises par l'armature interne et par le renfort FRP.
- Pour les éléments précontraints on peut prendre en compte la résistance à la traction du béton.
- On admet la collaboration complète de l'armature existante et du renfort FRP dans le cadre des limites d'allongement.
- On admet une connexion totalement rigide. Tous les éléments de la section, à l'exception des câbles de précontrainte non injectés, qui se trouvent dans des fibres situées à égale distance de la fibre neutre subissent le même allongement, soit une collaboration complète de l'armature existante et du renfort FRP dans le cadre des limites d'allongement.

Les combinaisons des charges, le comportement des matériaux aciers et béton et les coefficients de sécurité sont donnés par l'Eurocode 2. La vérification à l'état limite ultime se base sur une comparaison de la valeur de dimensionnement d'une sollicitation avec la valeur de dimensionnement de la capacité portante de la section selon la condition suivante :

$$E_{df} \leq R_{df} \quad (5)$$

La détermination de la section de FRP nécessaire respective du moment de flexion admissible avant et après le renforcement s'effectue par calcul itératif de l'équilibre des forces internes.

### 4.6 Reprise des efforts de déviation

Lorsque la mise en œuvre du système S&P C-Sheet induit une poussée au vide, la zone de déviation doit être munie d'un dispositif reprenant ces efforts. Le système pour reprendre la poussée au vide peut être composé d'une pièce métallique ancrée dans le béton par des ancrages chimiques type S&P ResAC-16 ou S&P ResEP-16. Les ancrages et la pièce métallique seront dimensionnés en fonction des efforts de déviation à reprendre. Un rayon de courbure minimum de 25mm pour les tissus devra être respecté :

Rayon  $\geq 25\text{mm}$

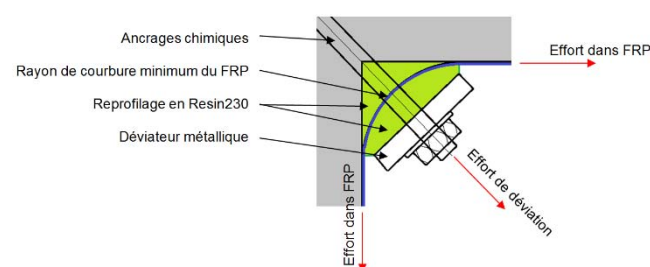
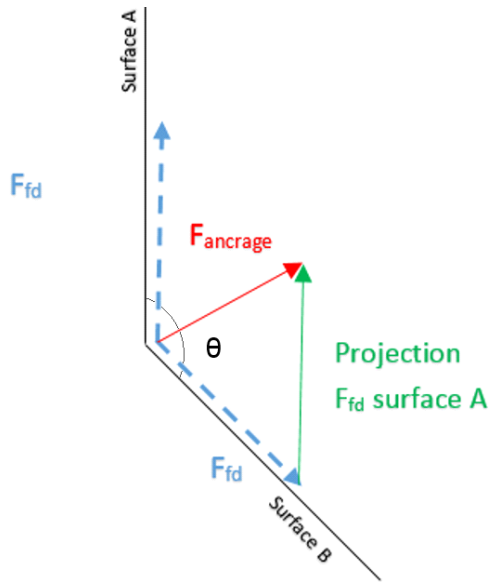


Schéma de résolution géométrique pour les efforts de poussée au vide

Les efforts sont déterminés conformément à la résolution graphique proposée, à la suite les ancrages sont dimensionnés conformément aux ETE par exemple pour une solution d'ancrage en scellement en prenant les règles de dimensionnement correspondantes à chaque élément.

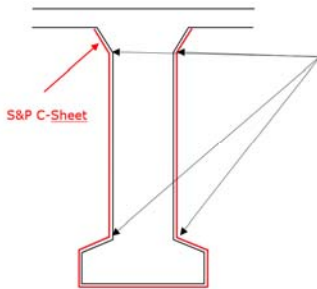


On a alors :

$$R_{\text{ancrage}} \leq F_{\text{ancrage}} = \sqrt{(F_{fd}(1 - \sin(\theta - 90))^2 + (F_{fd}(\cos(\theta - 90))^2}$$

Avec :

- $\theta$ , l'angle entre la surface A et la surface B en degré.  $\theta$  est compris entre 0 et 180° ;
- $R_{\text{ancrage}}$ , la résistance à la traction de l'ancrage conformément à l'ETE [N] ;
- $F_{\text{ancrage}}$ , l'effort à reprendre par l'ancrage [N] ;
- $F_{td}$ , l'effort dans le S&P C-Sheet [N].



Positions des anti-déviateurs sur une poutre I.

Nota : tous les angles seront adoucis par ponçage et/ou congé en mortier S&P RESIN 220 ou S&P RESIN 220 HP ou S&P RESIN 230 ou S&P RESIN 230 HP, afin de respecter les règles constructives du DTED.

## 4.7 Renforcement en flexion du béton armé et précontraint

### 4.7.1 Principe

La détermination de la capacité portante flexionnelle de la section non renforcée MRd0 et de l'état d'allongement initial  $\varepsilon_0$  ainsi que le calcul de la section FRP nécessaire  $A_{f,min}$  et de la capacité portante flexionnelle pour l'état renforcé MRdf s'effectuent sur la base des conditions d'équilibre  $\Sigma H = 0$  et  $\Sigma M = 0$  en tenant compte des lois des matériaux.

#### Forces internes

$$\text{Acier} \quad F_s = E_s \cdot A_s \cdot \varepsilon_s \leq A_s \cdot f_{yk} / \gamma_s \quad (6)$$

$$\text{FRP} \quad F_f = E_{fk} \cdot A_f \cdot \varepsilon_f \quad \text{avec} \quad \varepsilon_f \leq \varepsilon_{f,ELU}; \varepsilon_{f,ELS} \quad (7)$$

$$\text{Béton} \quad F_c = b \cdot \alpha_R \cdot x \cdot \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad (8)$$

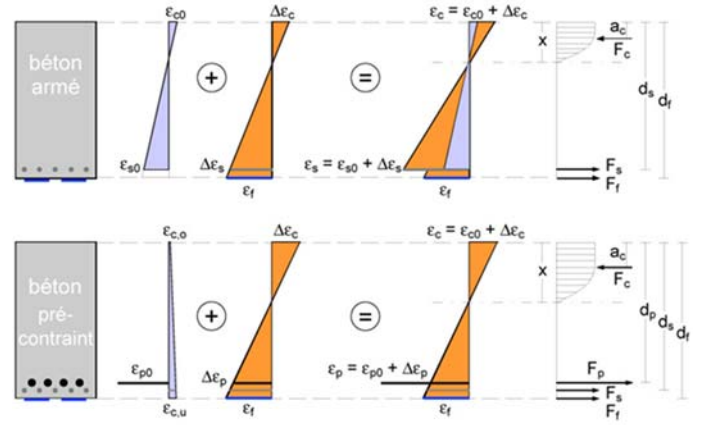
( $\alpha_R$ : paramètre de la courbe parabol.)

#### Conditions d'équilibre

$$\Sigma H = 0 \quad F_c - F_s - F_p - F_f = 0 \quad (9)$$

$$\Sigma M = 0 \quad F_c \cdot a_c - F_s \cdot d_s - F_p \cdot d_p - F_f \cdot d_f = 0 \quad (10)$$

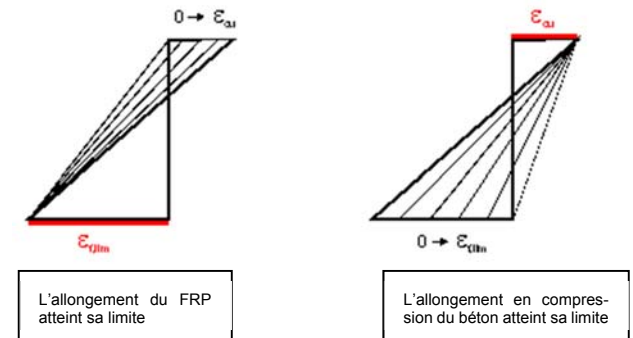
La résolution des conditions d'équilibre s'effectue itérativement en variant les allongements dans la zone comprimée et la zone tendue. Les conditions d'équilibre sont contrôlées en passant les différents états d'allongement.



On détermine d'abord la répartition des allongements de l'état d'allongement initial. Après, pour la section renforcée, on cherche par itération un état d'allongement pour lequel les forces internes et externes de l'élément en béton armé ou précontraint sont en équilibre. Lors du calcul on superpose l'état d'allongement dû à l'allongement initial à celui dû à la sollicitation supplémentaire de l'état renforcé.

### 4.7.2 État limite ultime

À l'état limite ultime, les matériaux doivent respecter leur allongement limite. En règle générale l'état limite ultime est déterminé par l'allongement limite du système FRP. Si au contraire la zone comprimée du béton est très fortement exploitée, un renfort FRP n'est souvent pas judicieux.



Pour les systèmes FRP collées en surface, la capacité portante calculée de l'élément renforcé ne doit pas être plus grande que deux fois celle de l'élément non renforcé. Cela s'exprime par le degré de renforcement à la flexion, défini comme suit :

- dans le cas d'un élément principal, dont la rupture est susceptible d'entraîner celle d'autres éléments (poutre porteuse, par exemple) :

$$\eta_M = \frac{M_{Edf}}{M_{Rd0}} \leq 1/0.63 \quad (11)$$

- 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) :

$$\eta_M = \frac{M_{Edf}}{M_{Rd0}} \leq 1/0.5 \quad (12)$$

### 4.7.3 État de service

À l'état de service en flexion, l'armature interne ne doit pas dépasser la limite élastique. D'autre part les contraintes à l'état de service aussi bien pour le béton et les aciers que pour la section de composite C-Sheet choisie sont déterminées et comparées aux limites données par l'Eurocode 2 et le chapitre 2.4.3 de l'AFGC 2011 :

- Contrainte dans l'acier :  $\sigma_{slim} = 0,80 f_{yk}$  sous combinaison caractéristique.
- Contrainte dans le béton :  $\sigma_{clim} = 0,60 f_{ck}$  sous combinaison caractéristique
- Contrainte dans le béton :  $\sigma_{clim} = 0,45 f_{ck}$  sous combinaison permanente
- Contrainte dans le composite :  $\sigma_{flim} = \min(0.9 \sigma_{slim}, \sigma_{f,ELS})$  avec  $\sigma_{slim}$  la limite de la contrainte de traction des aciers. Tenir compte du rapport entre la fibre sèche et le composite pour les tissus.
- Contrainte dans les armatures de précontrainte :  $\sigma_{plim} = 0,8 f_{pk}$  (cas de la précontrainte adhérente) sous combinaison caractéristique.

#### 4.74 Vérification de l'ancrage d'extrémité FRP

La vérification de l'ancrage est effectuée pour l'état limite ultime en tenant compte des facteurs de sécurité partiels des sollicitations et des matériaux. On effectue la vérification au point final E de la longueur d'ancrage  $l_b$  du renfort FRP. Dans le cadre de la couverture de la force de traction, il faut vérifier que la valeur de dimensionnement de la force de traction FRP  $F_{rd}$  existante au point E est plus petite que la force de rupture de l'adhérence  $F_{bd}$  ancrable sur la longueur  $l_b$  du système FRP choisi.

$$F_{bd} \geq F_{rd} \quad (13)$$

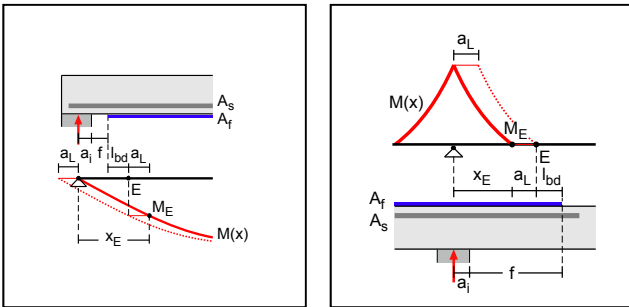
La force de traction FRP de calcul  $F_{rd}$  est déterminée par une itération de l'équilibre à partir du moment donné.  $F_{bd}$  est la valeur de dimensionnement de la force de rupture de l'adhérence au point E. Elle se calcule à partir des caractéristiques des sections FRP choisies et de la résistance respective du béton et de la colle.

#### Systèmes C-Sheet collées en surface

Pour la vérification d'un appui de bord le point E est dessiné dans le graphique. La distance  $x_E$  entre le point E et l'axe de l'appui est calculée comme suit :

$$x_E = a_i + f + l_{bd} + a_L \quad \text{avec} \quad f \leq 5 \text{ cm} \quad (14)$$

Lors de la vérification d'un appui en moment négatif le point E correspond au point de moment nul. Cette vérification n'est pas nécessaire pour les renforcements locaux (par exemple les trémies).



#### 4.75 Éléments en béton précontraint

Pour les éléments précontraints il faut indiquer la précontrainte des aciers en tenant compte de toutes les pertes ( $t = \infty$ ). La force de précontrainte résultante et la part isostatique du moment de précontrainte  $M_{p0}$  sont déterminées. Ces valeurs se rapportent à la section, à la précontrainte et à la hauteur utile de l'armature précontrainte.

Le logiciel ne prend en compte que la part du moment de précontrainte isostatique. Si l'élément précontraint est hyperstatique, il faut ajouter la part du moment hyperstatique de précontrainte  $M_{p'}$  aux moments dus aux charges  $M_{Ek0}$ ,  $M_{Edf}$  et  $M_{Ekf}$ .

Comme les éléments en béton précontraint sont en règle générale non fissurés dans la zone proche de l'appui, l'armature FRP collée doit toujours être ancrée en arrière de la dernière fissure de flexion. Alors la section pour la vérification de l'ancrage d'extrémité FRP se trouve au point où le moment sollicitant correspond au moment de fissuration de la section précontrainte.

Le point E pour lequel la vérification de l'ancrage est effectuée correspond dans ce cas à l'endroit auquel le moment agissant  $M_E$  atteint le moment de fissuration  $M_{cr}$  de la section.

#### 4.76 Règles constructives pour tissus S&P C-Sheet

$$\text{Distance au bord :} \quad a_{r,min} = c_w \quad (15)$$

$$\text{Entraxe en fonction de la portée} \quad S_{f,max} = 0,2 \cdot l \quad (16)$$

$$\text{Entraxe en fonction du porte-à-faux} \quad S_{f,max} = 0,4 \cdot l \quad (17)$$

$$\text{Entraxe en fonction de l'ép. de la dalle} \quad S_{f,max} = 5 \cdot h \quad (18)$$

$$\text{Nombre de couches de S\&P C-Sheet} \quad n_{f,max} = 5 \quad (19)$$

### 4.8 Renforcement à l'effort tranchant

#### 4.81 Principe

L'effort tranchant agissant est comparé aux valeurs de dimensionnement de la résistance à l'effort tranchant selon Eurocode 2. Au sujet de la résistance à l'effort tranchant il faut distinguer les 3 cas suivants :

$$\bullet V_{Edf} \leq V_{Rd,c} \quad (20)$$

Si la sollicitation d'effort tranchant  $V_{Edf}$  de l'élément à renforcer est plus faible que l'effort tranchant  $V_{Rd,c}$  admissible par le béton seul, aucun renfort à l'effort tranchant n'est nécessaire. Ce cas se présente généralement pour les dalles.

$$\bullet V_{Edf} \leq V_{Rd,s} \quad (21)$$

Si la sollicitation d'effort tranchant à l'état renforcé peut être totalement reprise en utilisant l'armature d'étriers interne, aucun renfort à l'effort tranchant n'est nécessaire.

$$\bullet V_{Edf} > V_{Rd,s} \quad (22)$$

Si la sollicitation d'effort tranchant à l'état renforcé dépasse la résistance à l'effort tranchant théorique de la section existante, le renfort de cisaillement est à dimensionner pour la différence de force :

$$\Delta V = V_{Edf} - V_{Rd,s} \quad (23)$$

Dans le cas présent, le renfort à l'effort tranchant doit être ancré dans la zone flexionnelle comprimée. L'ancrage dans la zone de compression est assuré si le renforcement entoure entièrement la poutre ou avec des dispositifs particuliers d'ancrage du tissu.

#### 4.82 Dimensionnement du renfort à l'effort tranchant

Le dimensionnement du renfort de cisaillement  $a_{w,min}$  s'effectue selon la relation suivante :

$$a_{w,min} = \Delta V / (z_f \cdot \sigma_{fw}) \quad \text{avec} \quad \sigma_{fw} = \sigma_{fw,ELU} \cdot E_{fu} \quad (24)$$

$$\text{avec} \quad a_{w,min} = A_{w,min} / S_w \quad \text{et} \quad z_f \quad \text{calculé par itération} \quad (z_f \sim 0,95 h)$$

$a_{w,min}$  : Renfort de cisaillement par mètre

$A_{w,min}$  : Renfort de cisaillement par pièce

Pour éviter qu'une fissure d'effort tranchant puisse se former entre deux bandes de tissu, on limite l'espacement entre deux bandes de tissu à 80 % de la hauteur de l'élément de construction.

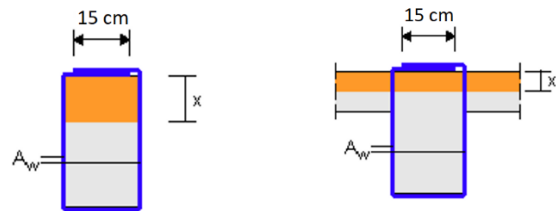
$$S_{w,max} = 0,8 \cdot h \quad (25)$$

Avant un ceinturage avec des tissus S&P C-Sheet il faut arrondir les arêtes de l'élément en béton avec le rayon minimal  $r \geq 2,5 \text{ cm}$ .

#### 4.83 Ancrage des tissus dans la zone de compression

L'ancrage des tissus dans la zone de compression peut être effectué par enrobage total de l'âme de la section, fermé par recouvrement collé avec une longueur de recouvrement d'au moins 15 cm.

Dans ce cas, les renforcements à l'effort tranchant avec des moments négatifs (en supérieur) est possible avec le recouvrement des tissus dans la zone de compression qui est située en bas de la poutre.



Pour le renforcement d'effort tranchant avec le S&P C-SHEET 240, l'ancrage des tissus dans la zone de compression peut également être réalisé à l'aide d'éléments en acier comme représenté ci-dessous.

La nuance et la protection anti-corrosion seront à adapter en fonction de chaque chantier et cela afin de répondre aux questions de durabilités et atmosphériques (classes de corrosivité de l'atmosphère conformes à NF EN ISO 9223).

La nuance d'acier sera à minima de type S235.

La protection anticorrosion, peut-être de type :

- Protection par peinture anticorrosion : HYDROSOB de la société SOB Peinture ou équivalent ;
- Électro zingage, galvanisation : Galvanisation à 60 micromètres d'épaisseur, conformément aux prescriptions de la norme NF EN ISO 1461, par exemple ;
- Galvanisation et peinture ;
- Acier inoxydable de type A2 ou A4 : Acier inoxydable de classe 304L (A2) ou 316L (A4), ou équivalent.

Dans tous les cas, il sera respecté les assemblages de système anticorrosion afin de ne pas créer de couple galvanique.

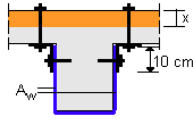
#### 4.84 Dimensionnement des angles

Les angles (fer cornières) sont collés sur le tissu avec une longueur d'ancrage de 10 cm et boulonnées dans la dalle ainsi que dans l'âme de la poutre pour éviter la rotation de la cornière. Voir Annexe 4.

La nuance d'acier utilisée pour les cornières sera à minima de type S235.

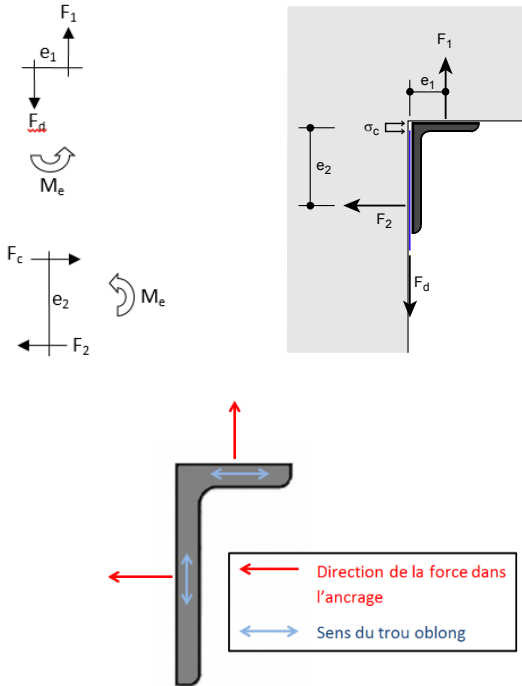
Elles auront pour dimensions minimales 60x60x5 mm.

Pour les poutres très élancées et uniquement en moment positif, un renfort en U sans ancrage en supérieur peut être envisagé. Il devra être confirmé par le calcul conformément aux recommandations l'AFGC 2011 §2.6.3, suivant le cas B.



Les tiges filetées verticales reprennent les efforts du tissu. Les chevilles ou tiges filetées horizontales reprennent le moment d'excentricité.

Les chevilles seront dimensionnées conformément aux Evaluations Techniques Européennes.



$$F_1 = F_d$$

$$M_e = F_d \times e_1$$

avec

$F_d$  Effort du tissu ;  
 $F_1, F_2$  Effort des chevilles ou des tiges filetées ;  
 $F_c, \sigma_c$  compression du béton ;  
 $M_e$  moment d'excentricité.

### Dimensionnement de la cornière métallique

Afin d'éviter une plastification de l'acier de la cornière métallique le contrôle ci-dessous sera effectué :

$$f_{yd} \geq \frac{M_e}{w_s} + \frac{F_d}{A_s}$$

Avec :

$f_{yd}$   $f_{yk} / \gamma_s$   
 $f_{yk}$  Limite élastique caractéristique nominale de l'acier ;  
 $w_s$  Moment résistant de la cornière ;  
 $A_s$  Section de la cornière  $A_s = b_s \times t$  ;  
 $b_s$  Longueur de la cornière ;  
 $t$  épaisseur de la cornière.

Dans le cas de l'utilisation de cornières métalliques, l'allongement maximal du tissu à l'ELU sera limité à  $\epsilon_{fw,ELU} \leq 4 \text{ ‰}$  et la contrainte de dimensionnement  $\sigma_{fw,ELU} \leq 800 \text{ MPa}$  conformément au §4.32.

## 5. Confinement de poteaux en béton

### 5.1 Principe

La capacité de charge de poteaux peut être augmentée si on confine le poteau avec des matériaux FRP. Le confinement empêche la déformation transversale du poteau, ce qui génère une contrainte tri-axiale dans le béton. La résistance à la compression du béton est ainsi augmentée.

Les calculs sont basés sur les hypothèses suivantes :

- Les poteaux ne sont pas exposés au flambage ( $\lambda \leq 25$ ).
- Les poteaux ont une moindre excentricité de la charge ( $e \leq 2 \text{ cm}$ ).
- Les poteaux sont enveloppés complètement en S&P C-Sheet sur toute la hauteur.
- Il n'y a pas de glissement entre les renforts et le béton.
- Toutes les fibres du poteau comprimé subissent la même déformation longitudinale.

Le calcul est basé sur le concept de sécurité partiel de l'Eurocode 2 et le confinement est dimensionné selon le bulletin 14 de la fib (Fédération Internationale du Béton, 2001). La déformation maximale du béton est limitée à  $\epsilon_{c2u} = 2,0 \text{ ‰}$  selon l'Eurocode 2. Le module d'élasticité  $E_c$  du béton utilisé représente la pente de la tangente à l'origine.

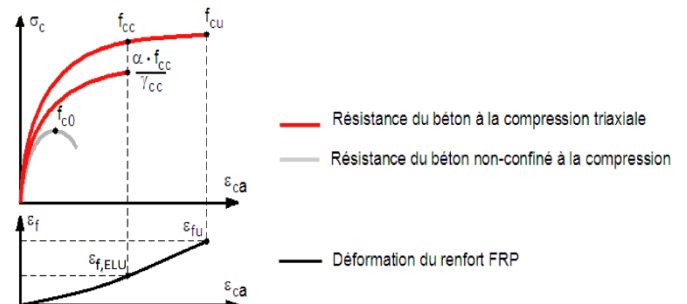
La compression effective induit par le confinement est déterminée comme suit :

$$\sigma_l = \rho_f \cdot k_e \cdot E_{fd} \cdot \epsilon_l \text{ avec } \epsilon_l \leq \epsilon_{f,ELU} \quad (26)$$

La résistance à la compression du béton confiné se calcule selon la formule suivante :

$$f_{cc} = f_{c0} \cdot \left( 2,254 \cdot \sqrt{1 + 7,94 \cdot \frac{\sigma_l}{f_{c0}}} - 2 \cdot \frac{\sigma_l}{f_{c0}} - 1,254 \right) \cdot \left( 1,4 \cdot \frac{h}{b} - 0,6 \cdot \left( \frac{h}{b} \right)^2 - 0,8 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_l}{f_{c0}}} + 1 \right) \quad (27)$$

Le graphique montre la déformation du renfort FRP et le développement de la résistance à la compression du béton induit par la déformation axiale du poteau.



Les extrémités des fibres sont ancrées par chevauchement. Une longueur d'ancrage de 15 cm garantit la transmission de la force maximale du tissu. Cette longueur d'ancrage est calculée en admettant une résistance à la traction du support de 3 N/mm<sup>2</sup> entre les couches du tissu qui se touchent.

### 5.2 État limite ultime

Le modèle de design selon la fib est basé sur un processus itératif. La déformation axiale est augmentée graduellement et la contrainte correspondante du confinement est déterminée. On obtient l'état limite ultime lorsque le confinement FRP arrive à sa déformation limite.

L'allongement du confinement FRP est limité à :

$$\epsilon_{f,ELU} = 4,0 \text{ ‰} \quad (28)$$

La capacité portante du poteau renforcé est déterminée comme suit :

$$N_{Rdf} = (A_g - A_s) \cdot \frac{\alpha \cdot f_{cc, fib}}{\gamma_{cc}} + A_s \cdot \frac{f_s}{\gamma_s} \quad (29)$$

Le coefficient de sécurité du béton confiné est égal à la valeur du béton normal :  $\gamma_{cc} = \gamma_c = 1,5$ .

### 5.3 Poteau circulaire

Pour renforcer des poteaux circulaires, la section confinée par le renfort FRP est supposée égale à la section totale du béton. Le facteur  $k_e$  est égal à 1. Le ratio d'armature se calcule comme suit :

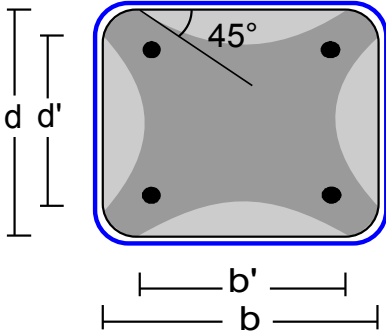
$$\rho_f = \frac{2 \cdot t_f}{D} \quad (30)$$

## 5.4 Poteau rectangulaire

Pour les poteaux rectangulaires, l'état de contraintes triaxial engendré ne se répartit pas dans toute la section enveloppée par le renfort FRP, mais seulement dans une zone effective qui dépend de la géométrie du poteau. Un facteur de réduction prenant en compte les zones non-confinées est introduit. Cette méthode est basée sur l'hypothèse que la pression induite par les renforcements transversaux est uniformément répartie sur la circonférence. L'extension tridimensionnelle est prise en compte par le coefficient  $k_e$  :

$$k_e = 1 - \frac{b'^2 + d'^2}{3 A_g (1 - A_s / A_g)} \quad (31)$$

avec  $b' = b - 2r$  et  $d' = d - 2r$



Le ratio d'armature se calcule pour les directions x et y comme suit :

$$\rho_{fx} = \frac{2 \cdot t_f}{b} \quad \rho_{fy} = \frac{2 \cdot t_f}{d}$$

Et  $\rho_f = \max(\rho_{fx} ; \rho_{fy}) \quad (32)$

Avant un enveloppement avec des tissus S&P C-Sheet il faut arrondir les arêtes de l'élément en béton avec le rayon minimal  $r \geq 3,5$  cm.

Le renforcement n'est pas recommandé pour des poteaux rectangulaires dont le grand côté b est supérieur ou égal à 3 fois le petit côté d.

## 5.5 Disposition constructive

Si un élément structurel est complètement confiné par du renfort composite collé les échanges gazeux ne sont plus possibles (résine « étanche »). Dans ce cas de figure des dispositions particulières doivent être prises.

## 6. Préparation et contrôles

### 6.1 Détermination de la résistance à la traction du support

#### 6.11 Cohésion du support

La cohésion interne du béton est déterminante pour le choix du système de renforcement.

La valeur minimale de résistance à la traction du support  $\beta_t$  selon EN 1542 pour les tissus S&P C-Sheet est :  $> 1.5$  N/mm<sup>2</sup>

Sur la surface de béton soigneusement préparée, on déterminera la résistance à la traction du béton en trois endroits au moins. La zone d'arrachement est délimitée par une saignée d'au moins 5 mm réalisée par sciage ou par carottage.

La valeur moyenne  $\beta_t$  établie sur la base de 3 essais au minimum ne doit pas être inférieure à la valeur  $\beta_t > 1.5$  N/mm<sup>2</sup>.

#### 6.12 Primaire

Si le support présente de faibles valeurs d'adhérence de traction, celles-ci seront améliorées moyennant application préalable d'un primaire.

### 6.2 Planéité de la surface de béton préparée

Les inégalités de la surface de béton seront reprofilées en fonction des épaisseurs avec les produits S&P TECNOGOUT-FIB ou S&P TECNOGOUT-K ou S&P Resin 230 ou S&P Resin 230 HP ou S&P Resin 220 ou S&P Resin 220 HP ou des mortiers de réparation conforme à la norme NF EN 1504-3 et garantissant des valeurs mécaniques conformes aux minimas demandés dans ce document.

Le système ne doit pas être collé sur des supports irréguliers, ce qui pourrait entraîner des poussées au vide indésirables.

Irrégularité concave : le passage d'une règle métallique de 2 mètres de longueur ne doit laisser subsister aucune inégalité de plus de 5 mm. Des inégalités  $< 1$  mm sont admissibles sous une règle de 30 cm.

Irrégularité convexe : Les irrégularités convexes n'entraînent pas de poussée au vide. Elles n'ont donc pas besoin d'être traitées.

Avant de procéder aux opérations de collage on vérifiera la température de l'air, l'humidité relative de l'air, le point de rosée, la température du béton, la température des éléments du système S&P C-Sheet et l'humidité du béton.

### 6.21 Point particulier de préparation du support

Les angles et arêtes (renfort cisaillement des poutres ; enrobage de poteaux de section carré ou rectangulaire) seront arrondies avec un rayon minimum de 2.5 cm.

### 6.3 Détermination du point de rosée

Pour déterminer la température du point de rosée, il convient de mesurer l'humidité relative de l'air ainsi que la température de l'air. Pour évaluer le risque de formation d'eau de condensation, la température du point de rosée sera comparée à la température superficielle de l'élément de construction, celle-ci devant être au moins de 3 °C supérieure à la température du point de rosée (cf. tableau des points de rosée).

### 6.4 Humidité du support en béton

Le chauffage de la surface fournit un premier indice quant à la présence d'humidité perturbatrice. En séchant, des surfaces humides s'éclaircissent.

Quantitativement, la teneur en humidité peut se déterminer à l'aide d'un appareil CM : des morceaux de béton sont fragmentés dans un mortier, tamisés et pesés.

La pesée est introduite dans un flacon à pression avec une quantité bien déterminée de carbure de calcium (ampoule en verre de 5 mg). Après agitation, les billes d'acier introduites en plus dans le flacon cassent l'ampoule en verre. Le mélange des fragments de béton et du carbure de calcium provoque une réaction chimique entre l'eau contenue dans les fragments et le carbure de calcium pour former de l'acétylène. La pression de gaz résultante dépend de la teneur en humidité des fragments de béton et peut se lire sur un manomètre. La teneur en humidité subordonnée à la pression relevée sera tirée des tableaux correspondants des appareils.

Pour déterminer la teneur en humidité, on peut également procéder à un séchage en armoire à 105 °C jusqu'à ce que le poids des échantillons prélevés reste constant.

Humidité maximale du support en fonction des produits de collage

Produit de collage	Humidité maximale du support
S&P RESIN 220 / S&P Resin 220 HP	4 %
S&P Resin 230 / S&P Resin 230 HP	4 %
S&P RESIN 55 / S&P Resin 55 HP	4 %
S&P Resicem / S&P Resicem HP	10 %

### 6.41 Préparation mécanique du support

La préparation mécanique peut se faire par sablage, grenailage, fraissage ou par ponçage pour les petites surfaces, ou tout autre préparation assurant les caractéristiques minimums requises pour l'adhérence ( $\beta_t > 1.5$  N/mm<sup>2</sup>). Un hydro sablage ou hydro décapage peut également convenir, mais dans ce cas un temps de séchage doit être observé avant la pose des tissus pour revenir à un taux d'humidité inférieur au maximum autorisé.

Avant collage, le support doit être parfaitement dépoussiéré

## 7. Mise en Œuvre

Des guides d'applications sont disponibles sur le site internet de S&P Reinforcement France [www.sp-reinforcement.fr](http://www.sp-reinforcement.fr). Toutes les étapes et les conditions de pose ainsi que les contrôles avant et après la pose y sont décrites. Ces guides d'applications ne dispensent pas l'apporteur d'avoir reçu une formation de S&P Reinforcement France.

### 7.1 Mélange de la colle S&P Resin 55 ou S&P Resin 55 HP

On respectera les instructions des fiches techniques S&P.

Produit	D.P.U. à 20° C	Humidité du support	Température d'application
S&P Resin 55	~ 45 min.	< 4 %	+8 °C à +35 °C
S&P Resin 55 HP	~ 45 min.		

## 7.2 Mélange de la colle S&P Resicem ou S&P Resicem HP

On respectera les instructions des fiches techniques S&P.

Produit	D.P.U. à 20° C	Humidité du support	Température d'application
S&P Resicem	~ 50 min.	< 10 %	+8 °C à +35 °C
S&P Resicem HP	~ 45 min.		

## 7.3 Application de la résine pour S&P C-Sheet

### Méthode 1 – Application par voie sèche :

Sur le support, la S&P Resicem ou S&P Resicem HP / S&P Resin 55 ou S&P Resin 55 HP est appliquée de manière égale avec un pinceau ou un rouleau. Le S&P C-Sheet est ensuite appliqué sur l'élément et la feuille de protection est enlevée. Le S&P C-Sheet est marouflé avec une spatule en caoutchouc dur ou un rouleau lamineur spécial dans la résine S&P. Le rouleau ou la spatule sont tirés exclusivement dans le sens des fibres jusqu'à ce que toutes les fibres soient parfaitement tendues et humidifiées et intégrées dans la colle. Visuellement aucune inclusion d'air ne doit être présente.

### Méthode 2 – Application par voie humide :

Le tissu est pré-imprégné de résine S&P Resicem ou S&P Resicem HP / S&P Resin 55 ou S&P Resin 55 HP avant d'être appliqué sur le support. Pour les grandes surfaces, une machine « Encolleuse à tissus S&P » peut être utilisée.

Sur le support, la S&P Resicem ou S&P Resicem HP / S&P Resin 55 ou S&P Resin 55 HP est appliquée de manière égale avec un pinceau ou un rouleau en une couche très mince. Le tissu pré-imprégné est déroulé et maroufflé comme pour le tissu appliqué en voie sèche.

Le bon enrobage du S&P C-Sheet peut être vérifié visuellement sans problème.

En cas d'application ultérieure d'un revêtement de protection, un saupoudrage de sable de quartz propre, sec et calibré, doit être effectué sur la colle encore fraîche pour les 2 méthodes d'application.

## 7.4 Recouvrement / fixation du S&P C-Sheet

On respectera les longueurs minimales suivantes :

Produit	Recouvrement dans le sens des fibres	Transversalement au sens des fibres
S&P C-Sheet S&P 240	150 mm	Pas nécessaire
S&P C-Sheet S&P 640	150 mm	Pas nécessaire

## 7.5 Contrôles qualités après la pose

### 7.51 Liaison S&P C-Sheet, colle et béton

Il est recommandé de vérifier le degré de polymérisation de la résine par un essai de dureté Shore D.

La qualité de la liaison d'un système FRP appliqué revêt une très grande importance. La liaison peut à son tour être testée par des essais de résistance à la traction.

Il est possible de procéder à des essais de traction type SATTEC sur les tissus S&P C-Sheet. Cela implique d'avoir appliqué des éléments supplémentaires dédiés à ces essais.

Il est également possible de prévoir des essais à la traction pour vérifier à des périodes déterminées la bonne adhérence du système FRP.

### 7.52 Planéité des éléments S&P C-Sheet collés

La planéité du S&P C-Sheet sera contrôlée immédiatement après l'application. L'écart entre une surface plane et une règle de 30 cm ne doit pas excéder  $\Delta h = 1$  mm, resp.  $\Delta h = 5$  mm sous une règle de 2 m pour les surfaces concaves.

### 7.53 Contrôle des vides dans la colle et entre la colle et le support

Après collage, le S&P C-Sheet sera contrôlé au maillet pour détecter les vides ou par caméra thermique, thermographie en régime transitoire.

## 8. Revêtement des éléments de renfort

### 8.1 Revêtements de protection

Dans tous les cas, les revêtements de protection éventuelle doivent être appliqués sur une couche de colle époxy sablée.

Les tissus S&P C-Sheet peuvent recevoir en finition, des revêtements destinés à un usage de protection (feu, température, mécanique...) ou à caractère esthétique.

Les tissus S&P C-Sheet peuvent recevoir un revêtement de protection tels que : mortier époxydique, hydraulique, à base de plâtre...

## 8.2 Protection au feu

Lorsque la stabilité au feu de la structure renforcée peut être justifiée selon la NF EN 1992-1-2 en prenant en compte les aciers existants, aucune disposition de protection des renforts n'est à prévoir.

(Coefficient  $\geq 1$  en situation accidentelle)

Dans le cas contraire, une protection au feu devra être rapportée sur les tissus S&P C-Sheet.

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 spécifiée, ne dépasse pas 60°C dans le plan du collage.

La protection utilisée devra bénéficier d'un PV de résistance au feu d'un laboratoire agréé sur support identique.

En cas d'application d'un flocage appliqué directement sur les tissus S&P C-Sheet, la surface des tissus devra être parfaitement dégraissée et recevoir une couche de liaison (couche S&P Resin 55 ou S&P Resin 55 HP sablée).

## 8.3 Protection à la température (en service)

Le procédé de renfort S&P C-Sheet admet des températures au niveau du collage en service continu et en pointe telles qu'indiquées au paragraphe 2.3.

Le procédé de renfort S&P C-Sheet sera protégé de l'exposition directe du rayonnement solaire par un revêtement.

## 9. Sécurité du travail

### Allergies

Les résines époxy peuvent provoquer des irritations de la peau. Par conséquent, nous recommandons l'utilisation des équipements de protection individuels adaptés (EPI) conformément aux fiches de sécurité des produits.

### Découpe S&P C-Sheet

Les poussières fines qui sont produites lors de la découpe peuvent être dangereuses pour la santé.

Par conséquent, nous recommandons l'utilisation des équipements de protection individuels adaptés (EPI) conformément aux fiches de sécurité des produits.

### Traitement et gestions des déchets des résines époxy

Les résidus non durcis sont à évacuer en centre de recyclage adapté.

Consulter la fiche de données de Sécurité pour l'élimination des produits et de leurs emballages ; de manière générale, consulter les Fiches Techniques des produits et leurs Fiches de Données de Sécurité avant toute application.

## B. Résultats expérimentaux

- Essai de détermination du module d'élasticité en compression, Applus Laboratories, année 2016 ;
- Essai de détermination de la résistance à la compression, Applus Laboratories, année 2016 ;
- Essai de détermination de la transition vitreuse, Applus Laboratories, année 2016 ;
- Essai de détermination de l'adhérence acier sur acier, Applus Laboratories, année 2016 ;
- Essai de traction directe sur composite, S&P, année 2019 ;
- Essai de cisaillement par double recouvrement, LMC<sup>2</sup>, année 2018 ;
- Essai de cisaillement interlaminaire, LMC<sup>2</sup>, année 2018.

## C. Références

### C1. Données Environnementales.<sup>1</sup>

Le procédé S&P C-Sheet 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.

### C2. Autres références

#### C-Sheet 240

- Centre Commercial Le Merlan, Marseille, année 2018 ;
- Centre Commercial Casino, Le Cannet, année 2018 ;
- Centre Commercial Leclerc, Clichy, année 2018 ;
- Palace center, Mandelieu, année 2018 ;
- CHU, Limoges, année 2018 ;
- Gare SNCF, L'Etang La Ville, année 2018 ;
- Cimenterie Lafarge, Bouc Bel Air, année 2018.

#### C-Sheet 640

- Grand carré Jaude, Clermond Ferrand, année 2013;
- Garage Citroën, Lyon, année 2014.

---

<sup>1</sup> Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet avis.

# Tableaux et figures du Dossier Technique











## Annexe 1

### Essais d'adhérence

Projet : _____	No. de projet : _____
Adresse : _____	Date : _____
Lieu : _____	Personne compétente : _____
Elément de construction : _____	Tel. : _____

Elément : _____	collé le : _____
Colle : _____	Température : _____ °C de l'élément
Préconditionnement : _____	
Diamètre des rondelles : <b>50 mm</b>	Surface d'adhérence Ao : <b>1962.5 mm²</b>

### Appareil d'essai d'adhérence: .....

Eprouvette	Effort de traction	Résistance d'adhérence	Croquis de rupture	B: C: FRP :	Béton Colle S&P C-Laminate, C-Sheet, etc.
No.	F [kN]	f [N/mm²]			
1			 Rupture: _____		
2			 Rupture: _____		
3			 Rupture: _____		
4			 Rupture: _____		
5			 Rupture: _____		
6			 Rupture: _____		
7			 Rupture: _____		
8			 Rupture: _____		
9			 Rupture: _____		
10			 Rupture: _____		

Tampon, Signature:

## Fiche d'autocontrôle type

Sujet: _____	No. de projet: _____
Adresse: _____	Date: _____
Lieu: _____	Personne compétente: _____
Section de construction: _____	Tel.: _____

## Les mesures suivantes doivent être effectuées et enregistrées :

**Exigences:** température du support:  $8^{\circ} < t^{\circ} < 30^{\circ}\text{C}$   
 $> 3^{\circ}$  au-delà de la température du point de rosée  
Humidité du béton:  $< 4\%$

**Appareil de mesure:** \_\_\_\_\_, **No.:** \_\_\_\_\_ **No.:** \_\_\_\_\_

Date/horaire:					
Température ambiante:					
Température des lamelles:					
Température de l'élément:					
Température du point de rosée:					
Humidité ambiante relative:					
Humidité du béton dans les environs de la surface:					
Planéité du support					
Propreté du support					
Cohésion du support					
No. de lot de l'armature FRP					
No. de lot de la colle :					

Date/horaire:					
Température ambiante:					
Température des lamelles:					
Température de l'élément:					
Température du point de rosée:					
Humidité ambiante relative:					
Humidité du béton dans les environs de la surface:					
Planéité du support					
Propreté du support					
Cohésion du support					
No. de lot de l'armature FRP					
No. de lot de l'armature FRP					
No. de lot de la colle:					

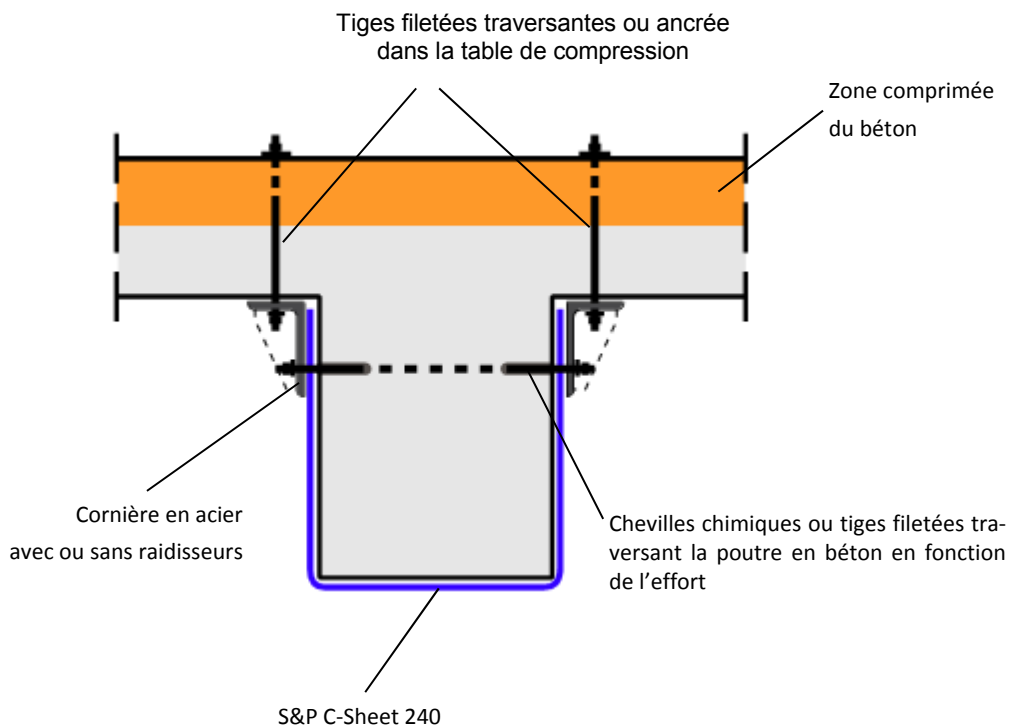
Tampon, Signature :

Tableau des points de rosée

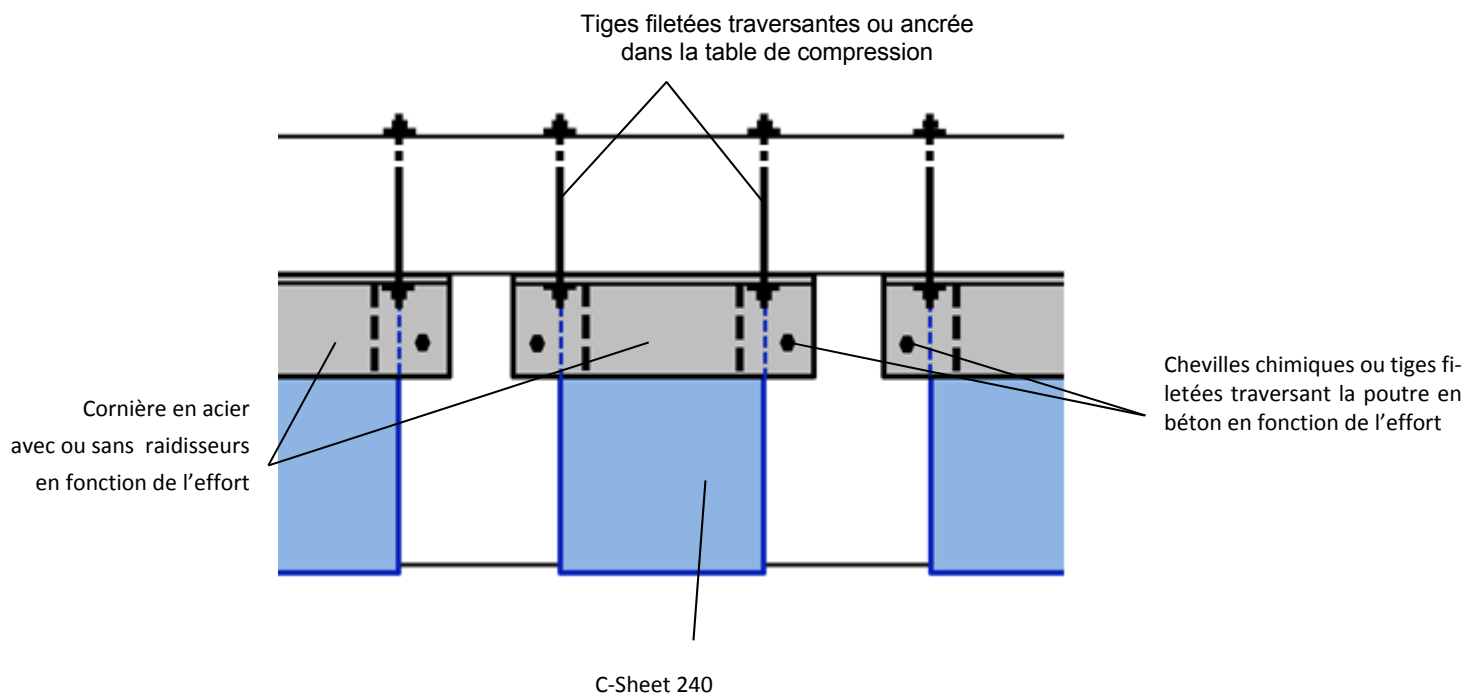
Température ambiante	Température du point de rosée (°C) pour une humidité ambiante de										
[ °C ]	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
2	-7.77	-6.56	-5.43	-4.40	-3.16	-2.48	-1.77	-0.98	-0.26	0.47	1.20
4	-6.11	-4.88	-3.69	-2.61	-1.79	-0.88	-0.09	0.78	1.62	2.44	3.20
6	-4.49	-3.07	-2.10	-1.05	-0.08	0.85	1.86	2.72	3.62	4.48	5.38
8	-2.69	-1.61	-0.44	0.67	1.80	2.83	3.82	4.77	5.66	6.48	7.32
10	-1.26	0.02	1.31	2.53	3.74	4.79	5.82	6.79	7.65	8.45	9.31
12	0.35	1.84	3.19	4.46	5.63	6.74	7.75	8.69	9.60	10.48	11.33
14	2.20	3.76	5.10	6.40	7.58	8.67	9.70	10.71	11.64	12.55	13.36
15	3.12	4.65	6.07	7.36	8.52	9.63	10.70	11.69	12.62	13.52	14.42
16	4.07	5.59	6.98	8.29	9.47	10.61	11.68	12.66	13.63	14.58	15.54
17	5.00	6.48	7.92	9.18	10.39	11.48	12.54	13.57	14.50	15.36	16.19
18	5.90	7.43	8.83	10.12	11.33	12.44	13.48	14.56	15.41	16.31	17.25
19	6.8	8.33	9.75	11.09	12.26	13.37	14.49	15.47	16.40	17.37	18.22
20	7.73	9.30	10.72	12.00	13.22	14.40	15.48	16.46	17.44	18.36	19.18
21	8.60	10.22	11.59	12.92	14.21	15.36	16.40	17.44	18.41	19.27	20.19
22	9.54	11.16	12.52	13.89	15.19	16.27	17.41	18.42	19.39	20.28	21.22
23	10.44	12.02	13.47	14.87	16.04	17.29	18.37	19.37	20.37	21.34	22.23
24	11.34	12.93	14.44	15.73	17.06	18.21	19.22	20.33	21.37	22.32	23.18
25	12.20	13.83	15.37	16.69	17.99	19.11	20.24	21.35	22.27	23.30	24.22
26	13.15	14.84	16.26	17.67	18.90	20.09	21.29	22.32	23.32	24.31	25.16
27	14.08	15.68	17.24	18.57	19.83	21.11	22.23	23.31	24.32	25.22	26.10
28	14.96	16.61	18.14	19.38	20.86	22.07	23.18	24.28	25.25	26.20	27.18
29	15.85	17.58	19.04	20.48	21.83	22.97	24.20	25.23	26.21	27.26	28.18
30	16.79	18.44	19.96	21.44	23.71	23.94	25.11	26.10	27.21	28.19	29.09
32	18.62	20.28	21.90	23.26	24.65	25.79	27.08	28.24	29.23	30.16	31.17
34	20.42	22.19	23.77	25.19	26.54	27.85	28.94	30.09	31.19	32.13	33.11
36	22.23	24.08	25.50	27.00	28.41	29.65	30.88	31.97	33.05	34.23	35.06
38	23.97	25.74	27.44	28.87	30.31	31.62	32.78	33.96	35.01	36.05	37.03
40	25.79	27.66	29.22	30.81	32.16	33.48	34.69	35.86	36.98	38.05	39.11
45	30.29	32.17	33.86	35.38	36.85	38.24	39.54	40.74	41.87	42.97	44.03
50	34.76	36.63	38.46	40.09	41.58	42.99	44.33	45.55	46.75	47.90	48.98

Le tableau indique, en fonction de la température de l'air et de l'humidité de l'air relative, à quelles températures de surface une condensation apparaît. Ainsi, p. ex. une température de l'air de 20 °C et d'une humidité de l'air relative de 70 %, une condensation apparaîtra sur des surfaces non absorbantes pour des températures de surface sous 14.4 °C.

## COUPE TYPE



## VUE LATÉRALE



## 1 Hypothèses de calculs

Les calculs sont menés conformément au BAEL et BPEL en retenant les hypothèses fondamentales du calcul béton :

- Les sections droites restent planes après déformation (hypothèse de Navier Bernoulli)
- Il n'y a pas de glissement relatif entre les armatures existantes, la fibre de carbone et le béton
- La résistance à la traction du béton est négligée
- Le comportement des matériaux aciers et béton, les coefficients de sécurité et les combinaisons des charges sont donnés dans les règlements usuels (BAEL – BPEL).

## 2 Notations utilisées

### Géométrie :

$b_0$ :	largeur de la section
$h$ :	hauteur de la section
$d$ :	hauteur utile
$A_s$ ( $A_{st}$ ) :	section d'acier tendus (comprimés)
$A_f$ :	section de fibres utilisées
$b_f$ :	largeur du composite
$L_f$ :	longueur du composite
$t_f$ :	épaisseur du composite
$A_t$ :	section des armatures transversales
$S_t$ :	espacement des armatures transversales
$\alpha$ :	angle des armatures transversales avec la fibre moyenne de la poutre
$\beta$ :	angle d'inclinaison des bielles d'about

### Matériaux :

$f_{ci}$ ( $f_{tj}$ ) :	résistance caractéristique à la compression (traction) du béton à j jours
$f_e$ :	limite d'élasticité de l'acier
$f_{ed}$ :	contrainte de dimensionnement retenue pour l'acier ( $f_{ed}=f_e/\gamma_s$ )
$f_{cd}$ :	contrainte de dimensionnement retenue pour le béton ( $f_{cd}=0.85 f_{c28}/(\gamma_b)$ )
$\sigma_{be}$ :	contrainte dans le béton
$\sigma_s$ :	contrainte dans l'acier tendu
$\sigma_{st}$ :	contrainte dans l'acier comprimé
$\sigma_f$ :	contrainte dans les fibres
$n$ :	coefficient d'équivalence acier /béton ( $n=E_s/E_b$ ) pris égal à 15 (BAEL A4.5,1)
$n'$ :	coefficient d'équivalence fibres/béton ( $n=E_f/E_b$ )
$E_f$ :	module d'élasticité de la fibre utilisée

### Sollicitations :

$M_u$ :	moment sollicitant la section à l'ELU
$M_s$ :	moment sollicitant la section à l'ELS
$V_u$ :	tranchant sollicitant la section à l'ELU
$\tau_u$ :	contrainte tangente à l'ELU

### Calcul BA ELU-ELS:

$y_u$ :	distance de l'Axe Neutre à la déformation de la fibre la plus comprimée (ELU)
$Z$ :	bras de levier
$I_1$ :	moment d'inertie de la section homogène

$y_0$  : distance de l'Axe Neutre à la déformation de la fibre la plus comprimée (ELS)

$f_{ctm}$  : valeur de la résistance à la traction superficielle du béton

$f_{ctd}$  : valeur de calcul de la résistance à la traction superficielle du béton

#### Calcul BP ELU-ELS :

$f_{prg}$  : charge de rupture garantie

$\eta$  : coefficient de fissuration

$B_t$  : aire du béton tendu

$\sigma_{Bt}$  : valeur absolue de la contrainte maximale de traction

$N_{Bt}$  : résultante des contraintes de traction correspondantes (calculées en section non fissurée en classe 2 et 3)

$B_n$  : épaisseur nette

$\tau$  : contrainte tangente de l'élément calculée à partir de l'épaisseur nette  $b_n$

$\sigma_x$  : contrainte normale de la poutre calculée à partir de la section nette

$\sigma_t$  : contrainte normale transversale calculée à partir de l'épaisseur nette  $b_n$

$F_{tu}$  : effort résistant des armatures de pré contraintes transversales

$s_t'$  : espacement des armatures transversales précontraintes mesurées perpendiculairement à la fibre moyenne

$\alpha'$  : angle des armatures transversales précontraintes avec la fibre moyenne de la poutre

$\beta_u$  : angle des fissures d'effort tranchant avec la fibre moyenne de la poutre ( $\beta_u > 30^\circ$ )

### 3 Caractéristiques techniques des produits

#### 3.1 Loi de comportement des armatures carbone (tissus)

S&P C-sheet 240 & S&P C-sheet 640

Les lois de comportement ainsi que les valeurs de calculs sont identiques au paragraphe correspondant du DTED.

#### 3.2 Caractéristiques des résines S&P

S&P Resin 220 et S&P Resin 220 HP

Les lois de comportement ainsi que les valeurs de calculs sont identiques au paragraphe correspondant du DTED.

S&P Resin 55 et S&P Resin 55 HP

Les lois de comportement ainsi que les valeurs de calculs sont identiques au paragraphe correspondant du DTED.

S&P Resicem et S&P Resicem HP

Les lois de comportement ainsi que les valeurs de calculs sont identiques au paragraphe correspondant du DTED.

## 4 Méthode simplifiée du calcul au BAEL 91 rév. 99

### 4.1 Principe de calcul du renforcement vis à vis de la flexion

Condition préalable :

Renforcement en flexion :

1/ Dimensionnement de la section de fibre à mettre en œuvre à l'ELU sous chargement final

L'équilibre de la section donne :

$$A_f = \frac{M_u - A_s \cdot f_{sd} \cdot (z - (h - d)) + A_s' \cdot f_{sd} \cdot (z - (h - d'))}{z \cdot f_{sd}}$$

Avec

$$z = 0,8 \cdot h \cdot (1 + \sqrt{1 - 2\rho_u})$$

Et

$$\rho_u = \frac{M_u + A_s \cdot f_{sd} \cdot (h - d) - A_s' \cdot f_{sd} \cdot (h - d')}{b_0 \cdot f_{sd} \cdot h^2}$$

2/ Dimensionnement de la section de fibre à mettre en œuvre à l'ELS sous chargement final :

- le béton :  $\sigma_{bcTOT} = \Delta\sigma_{bc} + \Delta\sigma_{bc} < 0,6 \cdot f_{c28}$
- l'acier comprimé :  $\sigma_{scTOT} = \sigma_{sc} + \Delta\sigma_{sc} < \bar{\sigma}_s$
- l'acier tendu :  $\sigma_{stTOT} = \sigma_{st} + \Delta\sigma_{st} < \bar{\sigma}_s$
- la fibre :  $\sigma_{f\lim} = \min\{\sigma_{f,d}; 450MPa\}$

NOTA :

La contrainte limite dans l'acier à considérer dépend du degré de fissuration retenu :

En fissuration peu préjudiciable,  $\bar{\sigma}_s = f_u$

En fissuration préjudiciable et très préjudiciable (BAEL A.4.5,33 et A.4.5,34)

3/ Contrainte de glissement

On note :

S : l'effort d'entraînement qui varie comme l'effort tranchant

L'effort dans du tissu s'exprime en fonction de la contrainte de glissement :

$$F_t = A_L \times f_{fd} = 0,8 \times S \times \frac{L_f}{2}$$

La contrainte de glissement est égale à :

$$\tau_{\text{glissement}} = \frac{S}{b_f} = 4 \times \frac{A_f \times f_{fd}}{b_f \times L_f}$$

La valeur obtenue est à comparer à la valeur de cisaillement limite à l'ELU.

### 4.2 Adhérence et vérification d'extrémité S&P C-Sheet.

Le principe de calcul est identique aux méthodes de calcul du DTED pour les tissus S&P C-Sheet en vérifiant que  $F_{bd} \geq F_{fd}$

## 5 Principe de dimensionnement vis à vis de l'effort tranchant

En cas d'insuffisance d'armatures d'effort tranchant, on procède par analogie au calcul béton armé (méthode de BRESSON).

On détermine tout d'abord l'effort maximal pouvant être repris par les aciers existants et le béton le cas échéant. L'effort à reprendre par le tissu est alors égal à la différence entre l'effort tranchant calculé et l'effort tranchant repris par les aciers existant et le béton.

• Formulation générale :

$$V_u = \frac{V_u}{b_0 \times d}$$

$$V_u = V_{u \text{ acier}} + V_{u \text{ béton}} + V_{u \text{ fibres}}$$

$$V_{u \text{ béton}} = 0,3 \times h \times f_{tj} \times b_0 \times d$$

$$V_{u \text{ acier}} = \frac{A_s}{s_r} \times 0,9 \times d \times \sigma_{sd} \times (\cotan \beta + \cotan \alpha) \times \sin \beta$$

$$V_{u \text{ fibres}} = \frac{A_f}{s_f} \times z \times f_f d \times (\cotan \beta + \cotan \alpha) \times \sin \beta$$

Valeur à retenir pour le bras de levier:

Lors du dimensionnement, il est intéressant de différencier les 2 mises en œuvre possibles :

- le renforcement entoure entièrement la poutre, ou des dispositifs particuliers permettent l'ancrage du tissu dans la zone de béton comprimé.
- Le renforcement est disposé sur les joues de la poutre, avec un retour horizontal et sans dispositifs d'ancrage particuliers. Cette disposition est retenue généralement dans le cas d'une poutre surmontée d'une dalle.

Reprise de l'effort tranchant dans le cas où l'ancrage dans la zone comprimée du béton est assuré

- Enrobage complet :  $z = 0,9 h$
- Ancrage dans la zone comprimée :  $z = \min (0,9 h ; h_{\text{renfort}})$

Reprise de l'effort tranchant dans le cas où l'ancrage dans la zone comprimée du béton n'est pas assuré

On procède selon la méthode de l'AFGC : le bras de levier est pris égal à la retombée de la poutre diminuée de la longueur de collage.

$$z = h_{\text{retombée}} - l_{\text{collage}} \text{ si retour horizontal}$$

$$z = h_{\text{retombée}} - 2 \times l_{\text{collage}} \text{ sinon } l_{\text{collage}} = 100 \text{ mm}$$

$$A_f = 2 \times t_f \times b_f$$

• dispositions constructives à respecter lors de la mise en œuvre du tissu de fibres de carbone

De manière à éviter qu'une fissure d'effort tranchant puisse se former entre 2 bandes de tissu, on limite l'espacement entre 2 bandes à 80% de la hauteur de la poutre,  $0,8 \times h$ .

Tissu comme ancré dans la table de compression :

Le système à retenir est identique à ceux proposés dans le paragraphe correspondant du DTED.

Cas particulier d'un élément soumis à des moments négatifs :

Le tissu entourera complètement l'élément comme proposé au paragraphe correspondant du DTED.

## 6 Structures en béton précontraint

### 6.1 Calcul du renforcement vis à vis de la flexion

#### •Condition préalable :

Les éléments en béton précontraint ne pourront être renforcés que si la vérification est effectuée en classe immédiatement supérieure à celle du dimensionnement d'origine : ainsi, une section de classe 1 sera renforcée de manière à vérifier la classe 2, de même, une section de classe 2 sera renforcée et vérifiée en classe 3.

#### •Vérification ELS :

- en classe 2 :

Le calcul des contraintes est effectué en section non fissurée, en vérifiant les contraintes données dans le BPEL (art. 6.1,24)

Au moment du renforcement :  $f_{tj}=0$  (aucune traction n'est admise)

En service : sous combinaison rare :  $f_{tj}$  dans la section d'enrobage ;  $1.5 \times f_{tj}$  ailleurs

Sous combinaison fréquente : 0 dans la section d'enrobage

- en classe 3 :

Le calcul est effectué en section fissurée : calcul en flexion composée en considérant l'historique du renforcement :

Etape 1 : structure à l'état initial (avant renforcement)

Etape 2 : chargement de la structure renforcée

Etape 3 : structure à l'état final correspondant à superposition des états précédents

Dans tous les cas, sous combinaison quasi permanente : 0 dans la section d'enrobage (aucune contrainte de traction)

Les limitations sont les suivantes :

- pour le béton :

$0,6 f_{cj}$  (ou  $0,5 f_{cj}$  sous combinaison quasi permanente)

- pour les aciers passifs :

En combinaison rare :  $\bar{\sigma}_s = \max\left\{\frac{2}{3}f_{ek}, 110\sqrt{\eta \times f_{tj}}\right\}$

En combinaison fréquente :  $0,35f_{ek}$

- pour les aciers de précontraintes : (exploitation)

En combinaison rare : la surtension dans les armatures de précontrainte est limitée à :

$0,1f_{prg}$  pour la post tension

$\min\{0,1 \times f_{prg}, 150\eta_p\}$  pour la prétension

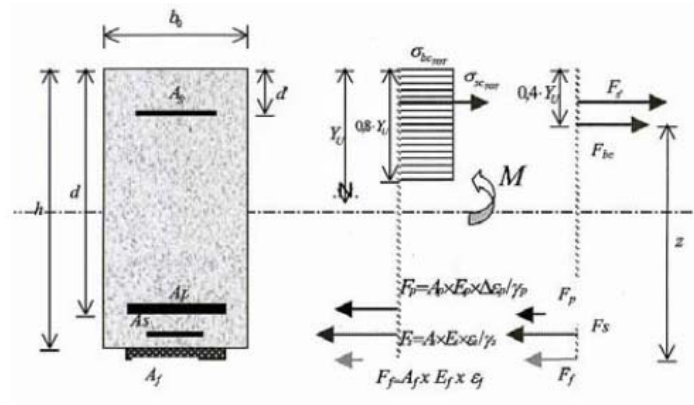
En combinaison fréquente : la surtension dans les armatures de précontrainte est limitée à 100MPa

En combinaison d'exploitation: aucune traction n'est admise dans la section d'enrobage

- pour les fibres de carbone :  $\sigma_f$

- Vérification ELU :

On vérifie que compte tenu de la géométrie de la section et de son ferrailage, le moment résistant de la section est supérieur au moment sollicitant.



- Aciers minimum :

L'article 6.1,32 du BPEL concernant le ferrailage mini à disposer en partie tendue est à respecter :

$$A_{s,minf} = \frac{B_t}{1000} + \frac{N_{gr}}{\sigma_{gr}} \times \frac{f_{tj}}{f_s}$$

## 6.2 Calcul du renforcement vis à vis de l'effort tranchant

- Vérification ELS : les renforcements FRP n'ont pas de rôle à l'ELS

La bielle d'about doit être vérifiée sur le béton seul sans tenir compte du renforcement.

- Vérification ELU

La méthode utilisée est celle du BPEL en inscrivant que l'effort tranchant réduit est repris par le béton, les aciers existants et les fibres rajoutées.

$$\tau_{u,réduit} = \tau_{u,acier} + \tau_{u,béton} + \tau_{u,fibres}$$

Où

$$\tau_{u,acier} = \frac{A_s f_s \sin(\alpha + \beta_u)}{b_w s_T \gamma_s \sin \beta_u} + \frac{F_{tu} \sin(\alpha + \beta_u)}{b_w s'_T \sin \beta_u}$$

$$\tau_{u,béton} = \frac{f_{tj}}{3}$$

$$\tau_{u,fibres} = \frac{A_f}{b_L \times s_f} \times f_{fd} \times \frac{\sin(\alpha + \beta_u)}{\sin \beta_u}$$

$$\tan 2\beta_u = \frac{2 \tau_u}{\sigma_{NM} - \sigma_{TM}}$$

Les bras de levier pour le calcul de la fibre sont pris égaux à : (cf. §3.4)

- Min (0.9h ;  $h_{renfort}$ ) si ancrage dans la zone comprimée est assuré
- $h - l_{collage}$  sinon (avec retour horizontal)
- $h - 2.l_{collage}$  sinon (sans retour horizontal)

La section de fibres à disposer est égale à :  $A_f = 2 \times \tau_f \times b_f$

## RUBRIQUE 1: Identification de la substance/du mélange et de la société/l'entreprise

### 1.1. Identificateur de produit

**Nom commercial ou désignation du mélange** S&P C-Sheet 240, S&P C-Sheet 640

**Numéro d'enregistrement** -

**Synonymes** Aucun(e)(s).

**Date de publication** le 30-Avril-2015

**Numéro de version** 02

**Date de révision** le 11-Janvier-2016

**Date d'entrée en vigueur de la nouvelle version** le 30-Avril-2015

### 1.2. Utilisations identifiées pertinentes de la substance ou du mélange et utilisations déconseillées

**Utilisations identifiées** Renfort de structures.

**Utilisations déconseillées** Aucun connu.

### 1.3. Renseignements concernant le fournisseur de la fiche de données de sécurité

**Fabricant** S&P Clever Reinforcement Company AG

**Adresse** Seewernstrasse 127, CH 6423 Seewen

**Pays** Suisse

**Numéro de téléphone** +41 41 825 00 70

**E-mail** info@sp-reinforcement.ch

### 1.4. Numéro d'appel d'urgence

**Numéro de téléphone d'urgence (code d'accès) :** +1 760 476 3961 (334090)

**Général pour l'UE** 112 (Disponible 24 heures sur 24. Les informations sur la FDS/le produit sont susceptibles d'être indisponibles auprès du Service d'urgence.)

**Centre antipoison national** Numéro ORFILA (INRS) : + 33 (0) 1 45 42 59 59 (Disponible 24 heures sur 24. Les informations sur la FDS/le produit sont susceptibles d'être indisponibles auprès du Service d'urgence.)

## RUBRIQUE 2: Identification des dangers

### 2.1. Classification de la substance ou du mélange

Selon le règlement REACH 1907/2006 CE, le produit est considéré comme un article. L'édition d'une fiche de données de sécurité conforme à l'article 31 du règlement (CE) n° 1907/2006 n'est pas exigée d'un point de vue légal pour les articles. En tant qu'article, le produit n'exige aucune étiquette conforme au règlement CLP (CE) n° 1272/2008, et la présente fiche de données de sécurité (FDS) est fournie à titre gracieux et uniquement à des fins d'information.

### Classification selon le règlement (CE) n° 1272/2008 et ses amendements

Le produit est un article, et les exigences de classification du règlement (CE) 1272/2008 avec ses modifications ne s'appliquent pas.

**Résumé des dangers** Risque faible pour une manipulation recommandée par un personnel formé.

### 2.2. Éléments d'étiquetage

#### Étiquetage selon le règlement (CE) no 1272/2008 tel que modifié

**Pictogrammes de danger** Aucun(e)(s).

**Mention d'avertissement** Aucun(e)(s).

**Mentions de danger** Non applicable (article manufacturé).

#### Mentions de mise en garde

**Prévention** Respecter les bonnes pratiques d'hygiène industrielle.

**Intervention** Laver la peau avec de l'eau et du savon.

**Stockage** Conserver à l'écart de la chaleur. Garder au sec.

**Élimination** Éliminer les rejets et les déchets conformément aux règlements municipaux.

**Informations supplémentaires de l'étiquette** Aucun(e)(s).

### 2.3. Autres dangers

La transformation de la substance peut générer des fumées et des poussières dangereuses. Les températures élevées ou le travail mécanique peuvent générer des vapeurs et des émanations susceptibles d'être irritantes pour les yeux, les muqueuses et l'appareil respiratoire. Peut provoquer une irritation par abrasion mécanique. L'exposition à la fumée ou aux émanations dégagées pendant les opérations de découpage, d'usinage ou de broyage peut entraîner toux et éternuements et irriter le nez, la gorge et les voies respiratoires supérieures. L'inhalation fréquente de poussières sur une période prolongée accroît le risque de contracter des maladies pulmonaires.

## RUBRIQUE 3: Composition/informations sur les composants

### 3.2. Mélanges

#### Informations générales

Nom chimique	en %	N° CAS/n° CE	Numéro d'enregistrement REACH	Numéro index	Notes
Fibre de carbone sur base polyacrylonitrile (carbone)	90-96	308063-67-4 231-153-3	-	-	
<b>Classification :</b>	-				
Composants non dangereux	4-10	N/A	-	-	
<b>Classification :</b>	-				

**Remarques sur la composition** Toutes les concentrations sont exprimées en pourcentage pondéral sauf si le composant est un gaz. Les concentrations de gaz sont exprimées en pourcentage volumique.

## RUBRIQUE 4: Premiers secours

#### Informations générales

Vérifier que le personnel médical est conscient des substances impliquées et prend les mesures de protection individuelles appropriées

#### 4.1. Description des premiers secours

<b>Inhalation</b>	En cas d'inhalation des émanations du produit chauffé : Sortir au grand air.
<b>Contact avec la peau</b>	Les arêtes coupantes peuvent provoquer coupures et irritation. Les coupures ou abrasions doivent être traitées sans attendre par un nettoyage minutieux de la zone affectée.
<b>Contact avec les yeux</b>	En cas d'exposition aux émanations ou à la fumée, rincer les yeux à grande eau pendant au moins 15 minutes. Poussière dans les yeux : Ne pas se frotter les yeux. Rincer avec soin à l'eau. Si une irritation se produit, obtenir une assistance médicale.
<b>Ingestion</b>	Peu probable du fait de la forme du produit.

#### 4.2. Principaux symptômes et effets, aigus et différés

Aucun symptôme spécifique constaté.

#### 4.3. Indication des éventuels soins médicaux immédiats et traitements particuliers nécessaires

Appliquer un traitement symptomatique.

## RUBRIQUE 5: Mesures de lutte contre l'incendie

#### Risques généraux d'incendie

Ce produit n'est pas inflammable.

#### 5.1. Moyens d'extinction

##### Moyens d'extinction appropriés

Choisir le moyen d'extinction de l'incendie en tenant compte d'autres produits chimiques éventuels.

##### Moyens d'extinction inappropriés

Aucun(s) connu(s).

#### 5.2. Dangers particuliers résultant de la substance ou du mélange

En cas d'incendie, des gaz dangereux pour la santé peuvent être produits.

#### 5.3. Conseils aux pompiers

##### Équipements de protection particuliers des pompiers

Porter un appareil respiratoire autonome et un vêtement de protection complet en cas d'incendie.

##### Procédures spéciales de lutte contre l'incendie

Employer des méthodes normales de lutte contre l'incendie et tenir compte des dangers associés aux autres substances présentes. Refroidir le produit exposé à la chaleur avec de l'eau et le retirer du lieu d'incendie si ceci ne fait courir aucun risque.

## RUBRIQUE 6: Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle

#### 6.1. Précautions individuelles, équipement de protection et procédures d'urgence

##### Pour les non-secouristes

Assurer une ventilation adéquate. Éviter tout contact avec la peau et les yeux, risque de lacérations.

<b>Pour les secouristes</b>	Utiliser les protections individuelles recommandées dans la rubrique 8 de la FDS.
<b>6.2. Précautions pour la protection de l'environnement</b>	Éviter le rejet dans l'environnement.
<b>6.3. Méthodes et matériel de confinement et de nettoyage</b>	Recueillir le produit répandu. Poussière: Rassembler la poussière ou les particules en utilisant un aspirateur avec filtre HEPA.
<b>6.4. Référence à d'autres rubriques</b>	Pour s'informer sur la protection individuelle, voir la rubrique 8. Pour se renseigner sur l'élimination, voir la rubrique 13.

## RUBRIQUE 7: Manipulation et stockage

<b>7.1. Précautions à prendre pour une manipulation sans danger</b>	Assurer une ventilation efficace. Éviter l'inhalation de poussières. Utiliser des méthodes de travail qui minimisent la formation de poussières/fumées. Le produit peut former des mélanges explosifs de poussières avec l'air en cas de concentration atmosphérique élevée en poussières suspendues. Tenir à l'écart de la chaleur et des sources d'ignition. Éviter toute inhalation des émanations du produit échauffé. Porter un équipement de protection approprié. Se laver les mains après l'usage. Respecter les bonnes pratiques d'hygiène industrielle.
<b>7.2. Conditions d'un stockage sûr, y compris d'éventuelles incompatibilités</b>	Conserver à l'écart de la chaleur. Garder au sec. Conserver à une température ne dépassant pas 40 °C.
<b>7.3. Utilisation(s) finale(s) particulière(s)</b>	Renfort de structures.

## RUBRIQUE 8: Contrôles de l'exposition/protection individuelle

### 8.1. Paramètres de contrôle

#### Limites d'exposition professionnelle

##### La France. INRS, Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques

Composants	Type	Valeur	Forme
Poussière (CAS -)	VME	5 mg/m3 10 mg/m3	Fraction alvéolaire. Fraction inhalable.

**Valeurs limites biologiques** Il n'y a pas de limites d'exposition biologique pour ce ou ces ingrédients.

**Procédures de suivi recommandées** Suivre les procédures standard de surveillance.

**Dose dérivée sans effet (DNEL)** Donnée inconnue.

**Concentrations prédites sans effet (PNEC)** Donnée inconnue.

### 8.2. Contrôles de l'exposition

**Contrôles techniques appropriés** Une ventilation générale est généralement suffisante. Respecter les limites d'exposition en milieu professionnel et réduire au minimum les risques d'exposition.

#### Mesures de protection individuelle, telles que les équipements de protection individuelle

<b>Informations générales</b>	Utiliser l'équipement de protection individuel requis. Choisir l'équipement de protection conformément aux normes CEN en vigueur et en coopération avec le fournisseur de l'équipement de protection.
<b>Protection des yeux/du visage</b>	Porter des lunettes hermétiques en cas de dégagement de poussières lors des opérations d'usinage.
<b>Protection de la peau</b>	
- <b>Protection des mains</b>	Porter des gants de protection adaptés pour prévenir tout risque de coupure ou d'éraflure. Porter des gants adaptés homologués EN 374. Les gants en butylcaoutchouc sont recommandés. Délai de rupture: > 2 heures. Suivre les recommandations du fournisseur pour le choix des gants adéquats.
- <b>Autres</b>	Aucun vêtement de protection n'est nécessaire dans des conditions normales d'utilisation. Si le produit est chauffé, porter des gants de protection contre les brûlures thermiques.
<b>Protection respiratoire</b>	Non nécessaire dans des conditions normales. En cas de ventilation insuffisante ou de risque d'inhalation de poussières, porter un appareil respiratoire approprié à filtre antiparticules (type P1).
<b>Risques thermiques</b>	Porter des équipements de protection contre la chaleur, si nécessaire.
<b>Mesures d'hygiène</b>	Toujours adopter de bonnes pratiques d'hygiène personnelle, telles que se laver les mains après avoir manipulé la substance et avant de manger, de boire ou de fumer. Nettoyer régulièrement la tenue de travail et l'équipement de protection pour éliminer les contaminants.
<b>Contrôles d'exposition liés à la protection de l'environnement</b>	La personne en charge de la gestion environnementale doit être informée en cas de rejet majeur de produit.

## RUBRIQUE 9: Propriétés physiques et chimiques

### 9.1. Informations sur les propriétés physiques et chimiques essentielles

<b>Aspect</b>	
État physique	Solide.
Forme	Solide
Couleur	Noir.
Odeur	Aucun(e)(s).
Seuil olfactif	Sans objet.
pH	Sans objet.
Point de fusion/point de congélation	Sans objet.
Point initial d'ébullition et intervalle d'ébullition	Sans objet.
Point d'éclair	Sans objet.
Taux d'évaporation	Sans objet.
Inflammabilité (solide, gaz)	Sans objet.
<b>Limites supérieures/inférieures d'inflammabilité ou limites d'explosivité</b>	
limite inférieure d'inflammabilité (%)	Sans objet.
limite supérieure d'inflammabilité (%)	Sans objet.
Pression de vapeur	Sans objet.
Densité de vapeur	Sans objet.
Densité relative	1,7 - 2
Solubilité(s)	Insoluble dans l'eau.
Coefficient de partage: n-octanol/eau	Sans objet.
Température d'auto-inflammabilité	Sans objet.
Température de décomposition	Donnée inconnue.
Viscosité	Sans objet.
Propriétés explosives	Non explosif.
Propriétés comburantes	Non comburant.
<b>9.2. Autres informations</b>	Aucune information pertinente supplémentaire n'est disponible.

## RUBRIQUE 10: Stabilité et réactivité

<b>10.1. Réactivité</b>	Le produit est stable et non réactif dans des conditions normales d'utilisation, de stockage et de transport.
<b>10.2. Stabilité chimique</b>	Ce produit est stable dans des conditions normales.
<b>10.3. Possibilité de réactions dangereuses</b>	Pas de réactions dangereuses connues dans les conditions normales d'utilisation.
<b>10.4. Conditions à éviter</b>	Éviter les températures élevées. Éloigner de la chaleur, des étincelles et des flammes nues. Éviter la formation de poussière.
<b>10.5. Matières incompatibles</b>	Acides forts, alcalis et agents d'oxydation.
<b>10.6. Produits de décomposition dangereux</b>	On ne connaît pas de produits de décomposition dangereux.

## RUBRIQUE 11: Informations toxicologiques

<b>Informations générales</b>	L'exposition professionnelle aux substances générées pendant la transformation de cette matière peut provoquer des effets néfastes pour la santé.
<b>Informations sur les voies d'exposition probables</b>	
<b>Inhalation</b>	L'inhalation de poussières produites pendant le découpage, le broyage ou le polissage de ce produit peut entraîner une irritation des voies respiratoires.
<b>Contact avec la peau</b>	La matière présente des arêtes coupantes, qui peuvent provoquer des lésions cutanées. Peut provoquer une irritation par abrasion mécanique.
<b>Contact avec les yeux</b>	La matière présente des arêtes coupantes, qui peuvent provoquer des lésions oculaires. Les températures supérieures à l'ambiante ou l'action mécanique peuvent générer des poussières ou des émanations susceptibles d'être irritantes pour les yeux.
<b>Ingestion</b>	Peu probable du fait de la forme du produit. Cependant, l'ingestion de poussières produites pendant les opérations de travail peut causer de la nausée et du vomissement.
<b>Symptômes</b>	Irritation mécanique de la peau, des yeux et du système respiratoire.

### 11.1. Informations sur les effets toxicologiques

<b>Toxicité aiguë</b>	Sans objet compte tenu de la forme du produit dans son état de fabrication et de transport.
<b>Corrosion cutanée/irritation cutanée</b>	Les poussières peuvent irriter la peau.
<b>Lésions oculaires graves/irritation oculaire</b>	Les poussières peuvent irriter les yeux.
<b>Sensibilisation respiratoire</b>	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
<b>Sensibilisation cutanée</b>	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
<b>Mutagénicité sur les cellules germinales</b>	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
<b>Cancérogénicité</b>	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
<b>Toxicité pour la reproduction</b>	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
<b>Toxicité spécifique pour certains organes cibles – exposition unique</b>	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
<b>Toxicité spécifique pour certains organes cibles – exposition répétée</b>	Compte tenu des données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis.
<b>Danger par aspiration</b>	Sans objet compte tenu de la forme du produit.
<b>Informations sur les mélanges et informations sur les substances</b>	Aucunes informations disponibles.
<b>Autres informations</b>	Du fait de la forme piégée dans un polymère du produit, le risque intrinsèque aux substances actives est limité pour tous les types d'absorption.

## RUBRIQUE 12: Informations écologiques

<b>12.1. Toxicité</b>	Le produit n'est pas classé comme dangereux pour l'environnement. Cependant, la possibilité que des déversements majeurs ou fréquents aient des effets nocifs ou dangereux pour l'environnement n'est pas exclue.
<b>12.2. Persistance et dégradabilité</b>	Le produit n'est pas censé se biodégrader facilement.
<b>12.3. Potentiel de bioaccumulation</b>	Ce produit n'est pas présumé bioaccumulable.
<b>Coefficient de partage n-octanol/eau (log Kow)</b>	Sans objet.
<b>Facteur de bioconcentration (FBC)</b>	Donnée inconnue.
<b>12.4. Mobilité dans le sol</b>	Le produit est insoluble dans l'eau et se sédimentera dans les réseaux d'eau.
<b>12.5. Résultats des évaluations PBT et vPvB</b>	Cette substance ou ce mélange n'est pas classé comme PBT ou vPvB.
<b>12.6. Autres effets néfastes</b>	De manière générale, les composés polymères peuvent contenir des substances (matières premières) toxiques pour les organismes aquatiques qui ne constituent cependant pas un danger pour le milieu aquatique car ils ne s'y propagent pas. En effet, l'encapsulation de ces substances dans la matrice polymère réduit considérablement leur migration et leur volatilité, éliminant ainsi presque tout risque de biodisponibilité.

## RUBRIQUE 13: Considérations relatives à l'élimination

### 13.1. Méthodes de traitement des déchets

<b>Déchets résiduels</b>	Éliminer le produit conformément à la réglementation locale en vigueur.
<b>Emballage contaminé</b>	Sans objet.
<b>Code des déchets UE</b>	16 03 04 Le code de déchet doit être attribué en accord avec l'utilisateur, le producteur et les services d'élimination de déchets.
<b>Informations / Méthodes d'élimination</b>	Éliminer le contenu/récipient conformément aux réglementations locales/régionales/nationales/internationales.

## RUBRIQUE 14: Informations relatives au transport

### ADR

Le produit n'est pas soumis à la réglementation internationale sur le transport des marchandises dangereuses.

## **RID**

Le produit n'est pas soumis à la réglementation internationale sur le transport des marchandises dangereuses.

## **ADN**

Le produit n'est pas soumis à la réglementation internationale sur le transport des marchandises dangereuses.

## **IATA**

Le produit n'est pas soumis à la réglementation internationale sur le transport des marchandises dangereuses.

## **IMDG**

Le produit n'est pas soumis à la réglementation internationale sur le transport des marchandises dangereuses.

## **14.7. Transport en vrac** Sans objet.

**conformément à l'annexe II de la convention Marpol et au recueil**

## **IBC**

# **RUBRIQUE 15: Informations relatives à la réglementation**

## **15.1. Réglementations/législation particulières à la substance ou au mélange en matière de sécurité, de santé et d'environnement**

### **Réglementations de l'UE**

**Règlement (CE) n° 1005/2009 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, Annexe I et II, avec ses modifications**

N'est pas listé.

**Règlement (CE) n° 850/2004 concernant les polluants organiques persistants, Annexe I et ses modifications**

N'est pas listé.

**Règlement (CE) n° 689/2008 concernant les exportations et importations de produits chimiques dangereux, Annexe I, partie 1 et ses modifications**

N'est pas listé.

**Règlement (CE) n° 689/2008 concernant les exportations et importations de produits chimiques dangereux, Annexe I, partie 2 et ses modifications**

N'est pas listé.

**Règlement (CE) n° 689/2008 concernant les exportations et importations de produits chimiques dangereux, Annexe I, partie 3 et ses modifications**

N'est pas listé.

**Règlement (CE) n° 689/2008 concernant les exportations et importations de produits chimiques dangereux, Annexe V et ses modifications**

N'est pas listé.

**Règlement (CE) n° 166/2006 concernant la création d'un registre européen des rejets et des transferts de polluants, Annexe II, avec ses modifications**

N'est pas listé.

**Règlement (EC) n° 1907/2006 (REACH), Article 59, paragraphe 10, Liste des substances candidates actualisée par l'ECHA**

N'est pas listé.

### **Autorisations**

**Règlement (CE) n° 1907/2006, REACH, Annexe XIV Substance soumise à autorisation, et ses amendements**

N'est pas listé.

### **Restrictions d'utilisation**

**Règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH), Annexe XVII, Substances soumises à restrictions de mise sur le marché et d'utilisation, et ses modifications**

N'est pas listé.

**Directive 2004/37/CE : concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérigènes ou mutagènes au travail, avec ses modifications**

N'est pas listé.

**Directive 92/85/CEE : concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleuses enceintes, accouchées ou allaitantes au travail, avec ses modifications**

N'est pas listé.

### **Autres réglementations UE**

**Directive 2012/18/UE concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses**

N'est pas listé.

**Directive 98/24/CE concernant la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs contre les risques liés à des agents chimiques sur le lieu de travail**

N'est pas listé.

N'est pas listé.

**Autres réglementations**

Le produit est un article, et les exigences de classification du règlement (CE) 1272/2008 avec ses modifications ne s'appliquent pas.

**Réglementations nationales**

Se conformer à la réglementation nationale concernant l'emploi des agents chimiques.

**15.2. Évaluation de la sécurité chimique**

Aucune évaluation de sécurité chimique n'a été mise en œuvre.

**RUBRIQUE 16: Autres informations**

**Liste des abréviations**

Donnée inconnue.

**Références**

Donnée inconnue.

**Informations sur la méthode d'évaluation utilisée pour classer le mélange**

Sans objet.

**Le texte des mentions H des sections 2 à 15 n'est reproduit que partiellement**

Aucun(e)(s).

**Informations de formation**

Suivre les instructions dispensées pendant la formation lors de la manipulation de ce matériau.

**Clause de non-responsabilité**

Les informations contenues dans la présente fiche de données de sécurité ont été établies sur la base de nos connaissances à la date de publication de ce document. Ces informations ne sont données qu'à titre indicatif en vue de permettre des opérations de manipulation, fabrication, stockage, transport, distribution, mise à disposition, utilisation et élimination dans des conditions satisfaisantes de sécurité. Ils ne sauraient donc être interprétées comme une garantie ou considérées comme des spécifications de qualité.



A Simpson Strong-Tie® Company

## INSTRUCTIONS D' APPLICATION



### S&P C-Sheet 240



**SIMPSON**  
**Strong-Tie**

# S&P C-Sheet 240

Instructions d'application



A Simpson Strong-Tie® Company

## EXIGENCES

- Adhérence minimale du support > 1.0 N/mm<sup>2</sup>
- Température du support au minimum 3 °C au-dessus de la température du point de rosée
- Humidité maximale du support < 12 % (avec S&P Resicem HP) ou < 4 % (avec S&P Resin 55 HP)
- Température d'utilisation de la colle +10 à +35 °C
- Température du support au moins +8 °C maximum +35 °C

## APPLICATION



Travaux de préparation :

Mesures et traçage des zones d'application.



Préparation de support:

Sablage, grenaillage ou ponçage du support avec un disque diamanté.

Veiller à conserver une planéité correcte.

La laitance doit être complètement supprimée.

Rugosité optimale de la surface de 0,5 à 1,0 mm.



Purge:

Purge des bétons dégradés et des éléments pouvant nuire à une parfaite adhérence.

Réparation avec mortier hydraulique type R4 ou mortier époxy



Traitement des angles:

Arrondir les angles avec un rayon minimum de 25 mm (meulage ou reprofilage).

Respecter un délai de séchage suffisant dans le cas d'une application de mortier hydraulique.



Reprofilage et traitement des angles:

Les angles et irrégularités de support peuvent être traités avec un mortier époxy S&P Resin 230 HP, nécessitant un délai de recouvrement très court.

L'armature corrodée doit être traitée.

Les fissures > 0.3 mm doivent être injectées.



### Contrôle qualité:

Contrôle de la planéité:

- maximum 5 mm sur 2000 mm
- maximum 1 mm sur 300 mm

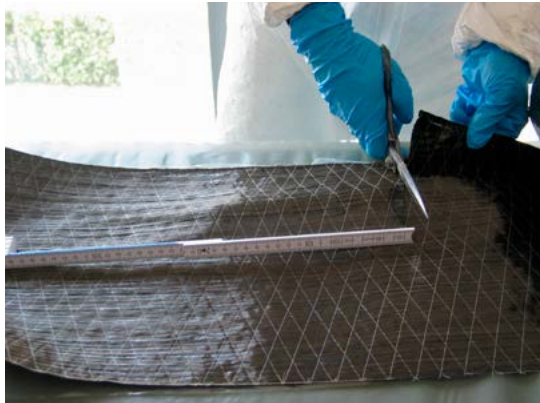
Mesure de la température et de l'humidité du support et détermination du point de rosée.

Le support doit se situer à +3°C en dessus du point de rosée.



Avant l'application, nettoyer la surface du support à l'aide d'un aspirateur

La surface doit être aussi exempte de graisse ou d'huile



Découper le S&P C Sheet 240 avec des ciseaux industriels.

Pour l'ancrage du S&P C-Sheet 240, 150 mm de recouvrement sont nécessaires dans le sens des fibres. Perpendiculairement aux fibres, aucun recouvrement n'est nécessaire.

### Contrôle qualité:

Contrôler le type et les dimensions du tissu utilisé.



Mélanger les colles. Vitesse de rotation, maximum 400 t/min.

Mélanger pendant au moins 3 minutes avec un mélangeur torsadé ou à pâles.

Température idéale pour le mélange de la colle entre 15 et 25 °C.

*Lors d'application avec la S&P Resin55 (étanche à la vapeur) un contrôle de la physique du bâtiment est nécessaire (risques de remontées capillaires)*



Appliquer régulièrement le S&P Resicem HP (perméable à la vapeur) ou la S&P Resin 55 HP (étanche à la vapeur) sur le support à l'aide d'un rouleau



Tissu < 400g/m<sup>2</sup>: application directe sur le support pré-encollé (voie sèche).

Tissu ≥ 400g/m<sup>2</sup>, pré-imprégner le tissu (voie humide).

Pré-imprégner le S&P C-Sheet 240 avec S&P Resicem HP ou S&P Resin 55 HP sur un support plan. Appliquer avec une spatule en caoutchouc ainsi que le rouleau en téflon rainuré [en allant toujours dans le sens des fibres](#).



Appliquer le S&P C-Sheet 240 pré-imprégné ou non sur le support, enlever le film de protection plastique puis maroufler avec une spatule en caoutchouc et un rouleau en téflon rainuré dans le sens des fibres.

Recouvrement dans le sens des fibres d'au moins 150 mm.

Tableau de consommation des colles page 6.



Passer le rouleau en téflon rainuré dans le sens des fibres pour écarter celles-ci afin de faire sortir toutes les bulles d'air et que les fibres soient complètement noyées dans la colle.

Appliquer une dernière couche de S&P Resin 55 ou S&P Resicem pour terminer l'imprégnation (ou pour une couche suivante). Recommencer l'opération pour les couches suivantes (5 couches maximum applicables).

Nettoyer les outils avec un solvant type acétone.



Avant le durcissement de la colle, vous pouvez saupoudrer le tissu avec du sable de quartz propre pour servir de couche d'accrochage pour une finition ultérieure.

En cas de saupoudrage ultérieur, une nouvelle couche de S&P Resicem ou de S&P Resin 55 doit être appliquée.



Vue du rendu final sur un pilier.

Pleine capacité de charge à 23 °C et 50 % d'humidité de l'air après 72 heures.

Application d'un système de protection si besoin (incendie, choc, UV).

### SÉCURITÉ

Les directives relatives à la sécurité au travail doivent être respectées (prévention des accidents/EPI).

### CONSUMMATION

La consommation de colle est indiquée dans le tableau ci-dessous (peut varier selon la rugosité du support).

Produit	S&P Resin 55 HP (imperméable à la vapeur)	S&P Resicem HP (meilleure perméabilité)
S&P C-Sheet 240 (200 g/m <sup>2</sup> )	~ 600–800 g/m <sup>2</sup>	~ 1 100–1 500 g/m <sup>2</sup>
S&P C-Sheet 240 (300 g/m <sup>2</sup> )	~ 700–1 100 g/m <sup>2</sup>	~ 1 300–1 600 g/m <sup>2</sup>
S&P C-Sheet 240 (400 g/m <sup>2</sup> )	~ 900–1 300 g/m <sup>2</sup>	~ 1 400–1 800 g/m <sup>2</sup>
S&P C-Sheet 240 (600 g/m <sup>2</sup> )	~ 1 000–1 400 g/m <sup>2</sup>	~ 1 500–1 900 g/m <sup>2</sup>
Sablage (sable de quartz)	~ 150 g/m <sup>2</sup>	~ 150 g/m <sup>2</sup>

Pour plus d'informations sur les systèmes S&P FRP ainsi que toutes les fiches techniques, les fiches de donnée de sécurité sont disponibles sur [www.sp-reinforcement.fr](http://www.sp-reinforcement.fr)