



- Normalisation des renforcements par matériaux composites collés ou engravés

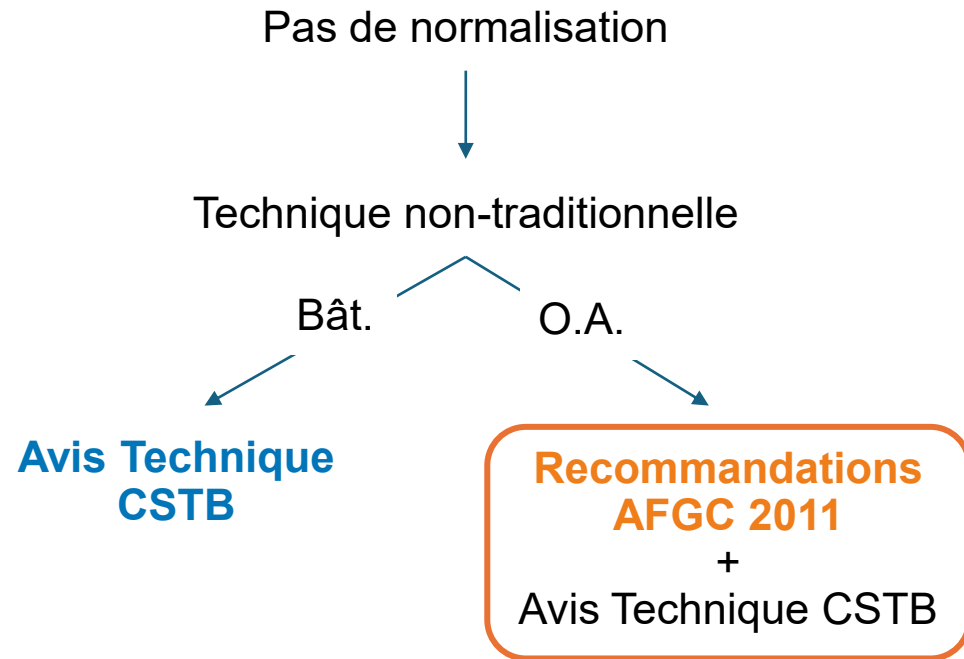
EC2:2023 Annexe J.NA + NF P 95-105

Romain Cosentino

Directeur Technique adjoint Freyssinet France

Octobre 2026

Aujourd'hui



Courant 2027

NF EN 1992:2023 + Annexe J.FR

Eurocode 2 de deuxième génération

Annexe J traitant du **calcul des renforts composites**

Amendée et rendue normative dans l'AN Française
(Bât. & O.A.)

+

NF P 95-105

Norme relative à la **mise en œuvre (O.A.)**

+

Guide AFGC

Guide d'application de l'Annexe J du nouvel EC2
et de la NF P 95-105, avec exemples d'application
pour les ouvrages d'art

Une norme qui couvre tous les cas d'usage courants

- Sous couvert de l'annexe J au futur EC2, les **composites** sont applicables aux **structures en béton de résistance C12/15 à C60/75, avec armatures existantes lisses ou HA** :
 - **Renforcement à la flexion** (dalles, poutres, poteaux) ;
 - **Renforcement à l'effort tranchant** (poutres, poteaux) ;
 - **Renforcement à la torsion** (poutres, poteaux) ;
 - **Renforcement par confinement** (poteaux) ;
- Les **avis techniques** CSTB peuvent parfois **étendre le domaine d'emploi restreint de l'Annexe J** (structures en situation sismique, structures en maçonnerie, etc...)



Une limite claire au domaine d'emploi : un impératif de sécurité

Les **modes de ruptures** d'un renforcement composite sont **fragiles** :

- rupture du collage
- rupture du béton d'enrobage
- rupture en traction du composite

Pour prévenir les ruptures fragiles, on limite donc la proportion d'efforts équilibrés par les renforts en s'assurant que **la résistance de la structure est vérifiée en cas de perte accidentelle du renfort.**

La combinaison accidentelle applicable est :

$$G_k + \sum_i \Psi_i Q_{k,i}$$

En principe, dans une combinaison accidentelle à froid, on retient $\Psi_i = \Psi_2$, **mais cette valeur est nulle pour les charges de trafic sur OA :**

Tableau A.2.7 (NDP) — Coefficients de combinaison applicables aux ponts routiers

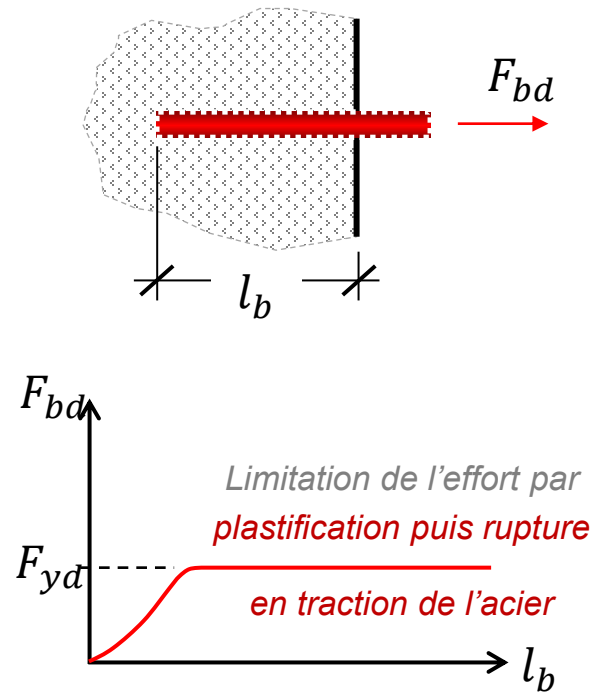
Action	Symbole	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges de trafic ^{e, g} (voir l'EN 1991-2:—, Tableau 6.5 et Tableau 6.6)	gr1a (Lm1+ charges sur trottoir et piste cyclable) m, n	TS UDL	0,75 0,40	0 0 ou 0,2 ^o
	Charges sur trottoirs+pistes cyclables ^l		0,40	0
	gr1b (essieu unique) ^{d, n}		0	0,75
	gr2 (forces horizontales)		0	0
	gr3 (charges dues aux piétons)		0	0,4
	gr4 (LM4 – charges dues à la foule)		0	-
	gr5 (LM3 – véhicules spéciaux) ^c		0	-

Il sera retenu pour les Ouvrages d'Art :

- $\Psi_i = \Psi_1$ pour les éléments principaux (poutres)
- $\Psi_i = \Psi_2$ pour les éléments secondaires (entretoises, hourdis, etc...)

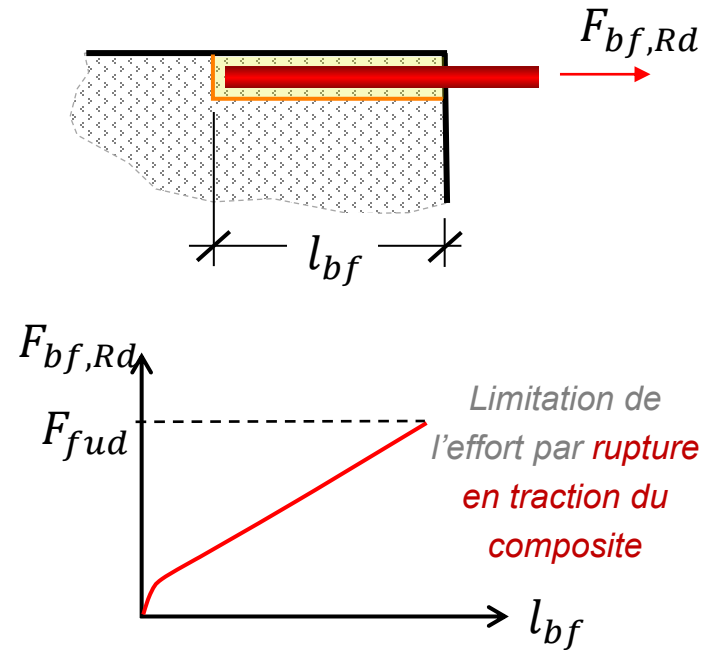
Dimensionnement des renforts en Flexion : une bien meilleure maîtrise des modes de rupture

Cas d'un ancrage de barre HA dans le béton



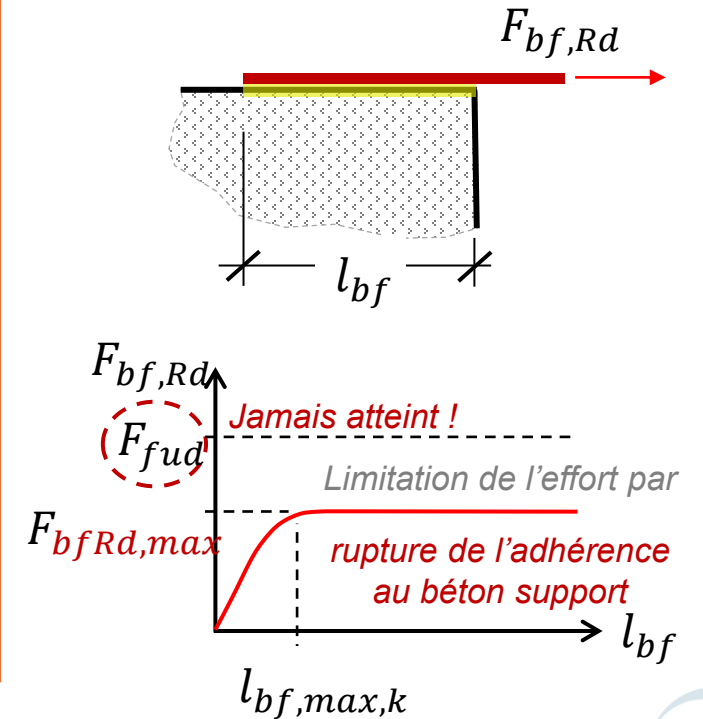
Cas d'un scellement de jonc ou lamelle en engravure

(NSM : Near Surface Mounted)

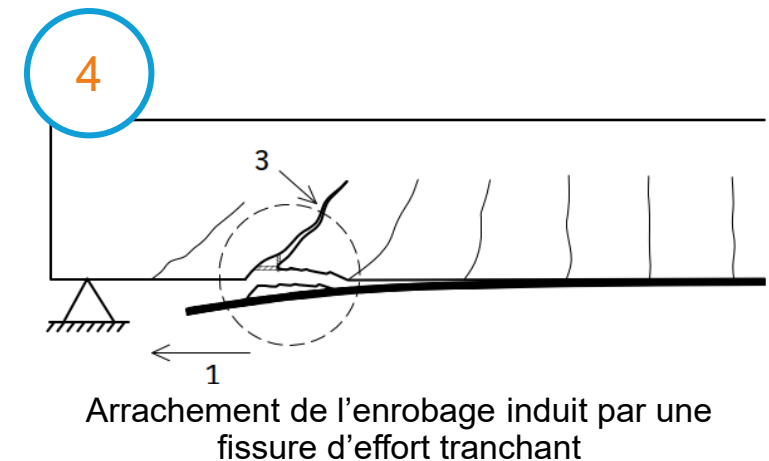
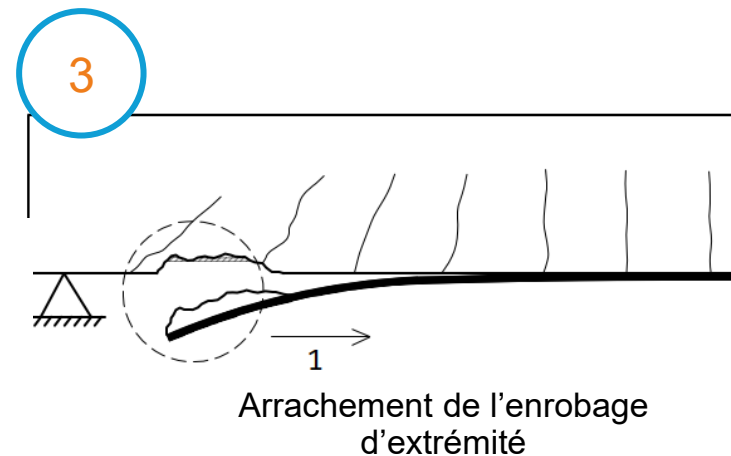
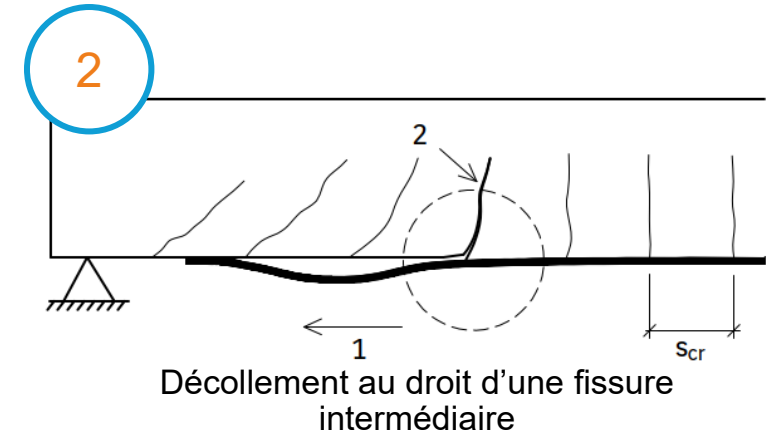
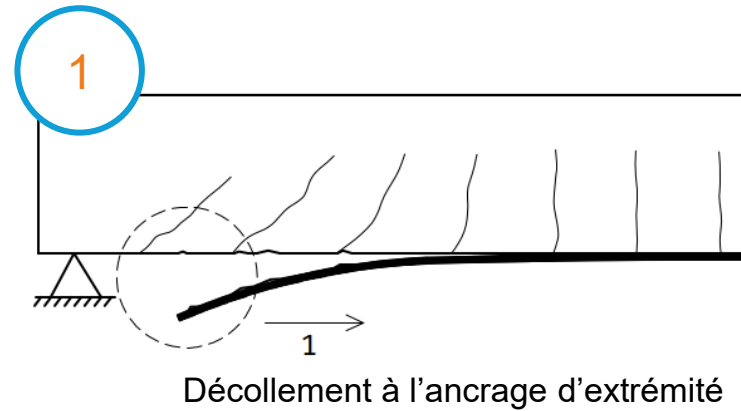


Cas d'un collage de tissu ou lamelle

(EBR : Externally Bonded Reinforcement)



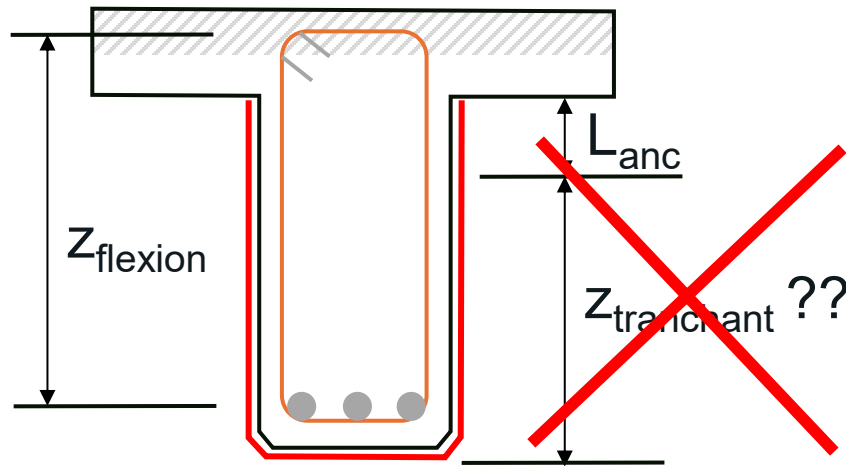
Dimensionnement des renforts en Flexion : une bien meilleure maîtrise des modes de rupture



Légende

- 1 sens de propagation du mode de rupture
- 2 fissure induite par la flexion
- 3 fissure induite par l'effort tranchant

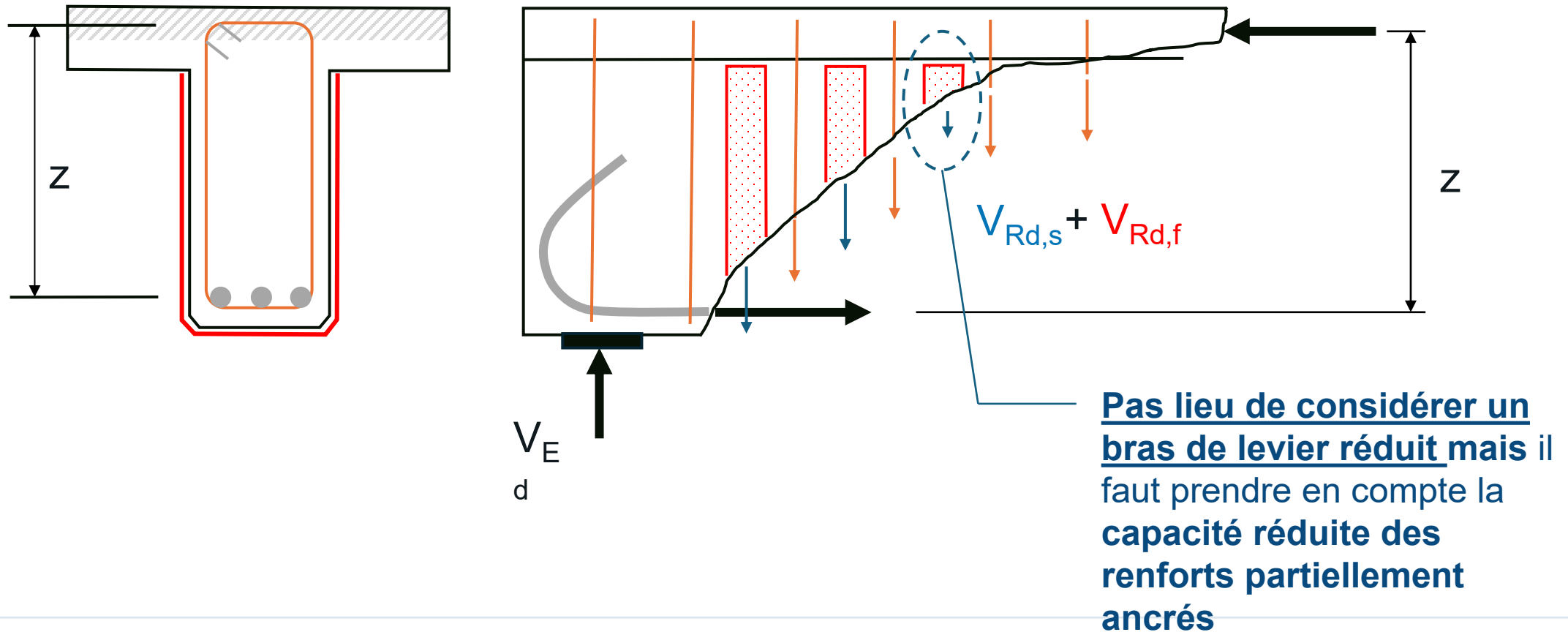
Dimensionnement des renforts au Tranchant : un modèle théorique plus solide



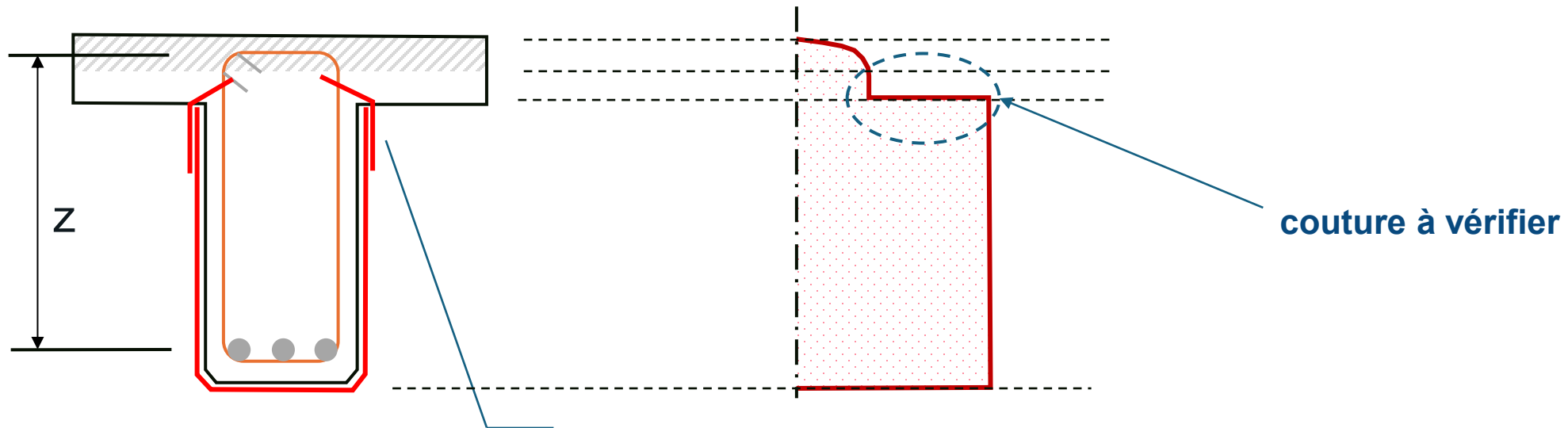
Ce cas soulève deux difficultés :

- Limitation de la capacité du renfort par l'adhérence au béton
- Discontinuité *apparente* du treillis de Ritter-Mörsch : l'effort de traction n'est généralement pas remonté jusque dans la hauteur comprimée par la flexion

Dimensionnement des renforts au Tranchant : un modèle théorique plus solide



Dimensionnement des renforts au Tranchant : un modèle théorique plus solide



Système d'ancrage pris en compte dans les calculs :

- pour augmenter la performance, par rapport à un renfort non ancré ;
- pour participer, avec les armatures existantes, à l'entraînement de la retombée (flux de cisaillement) ;

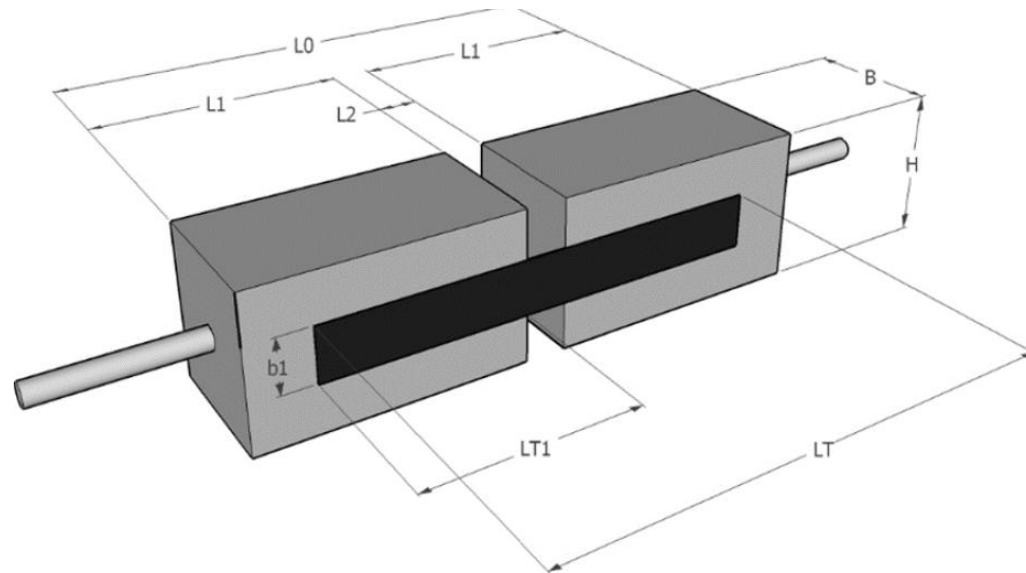
Un référentiel commun pour tous les systèmes de renforcement : fiche d'identification composite

Annexe J Fiche d'identité composite

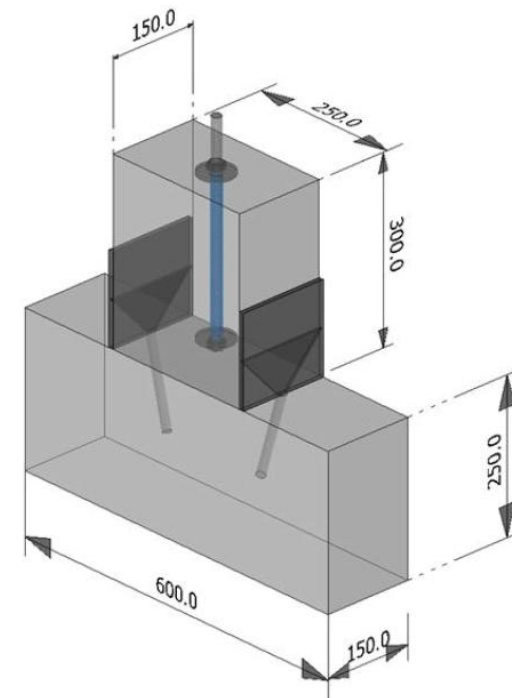
ENTREPRISE DÉTENTRICE DU PROCÉDÉ			
NOM COMMERCIAL du PROCÉDÉ			
DÉSIGNATION DU COMPOSITE <i>Note : référence devant notamment préciser les types d'adhésif de collage de pré-impregnation du tissu in situ et de primaire d'impregnation du su échéant.</i>			
VERSION :			
		COMPOSITE Caractéristiques / limites d'emploi pour 1 seule couche <i>Note : bloc de données à dupliquer dans le cas d'un tissu bi-directionnel</i>	Normes d'essai, modes opératoires (s'il y a lieu)
		Spécifications (s'il y a lieu, avec tolérances associées le cas échéant), commentaires	Description, précision pour le composite
DESCRIPTION GÉNÉRALE	Normes d'essai, modes opératoires (s'il y a lieu)	Con	
Type de système de réparation ou de renforcement par PRF collé		Tiss plat Jone	
Direction(s) de renforcement		Uni, Not les don dire « co	
Pour les tissus bi-directionnels : % de fibres de chaîne et % de fibres de trame		Car « m	
Nature et type des fibres		trame) et types	
Aptitude à une application sur surface verticale ? En sous-face ?		A justifier dans la documentation technique et à vérifier lors de l'épreuve de convenance d'application.	

Un référentiel commun pour tous les systèmes de renforcement : essais de qualification

Annexes D et E
**Essais de cisaillement à simple
ou double recouvrement**



Annexe F
**Essai de traction-cisaillement
pour mèches d'ancrage**



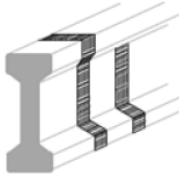
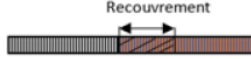
Aide à la prescription

Sommaire

Avant-propos.....	6
Introduction	9
1 Domaine d'application	11
2 Références normatives.....	13
3 Termes et définitions.....	17
4 Études et auscultations préalables à la consultation des entreprises pour la réalisation des travaux de réparation ou de renforcement	22
4.1 Les trois étapes de la démarche	22
4.2 Programme des auscultations et recalculs	24
4.2.1 Objectifs	24
4.2.2 Développement sur les auscultations relatives aux désordres structurels ou à l'évaluation de la capacité portante de l'ouvrage.....	26
4.3 Choix de la stratégie et des objectifs de la réparation ou du renforcement	28
4.4 Projet de réparation ou de renforcement - Évaluation de la capacité portante.....	29

Par exemple choix du système en fonction de l'application visée

		Systèmes EBR RIGIDES ^a	Systèmes EBR SOUPLES	Systèmes NSM
	Tracé rectiligne du renfort sur une surface plane	OUI	OUI	OUI ^b
	Structures circulaires de grands diamètres ($R \geq 1,50$ m)	OUI sous réserve de précautions à prendre à la mise en œuvre	OUI	NON ^c
	Poteaux cylindriques ($R < 1,50$ m), carrés ou rectangulaires voir l'article 6	NON	OUI	NON ^c

		Systèmes EBR RIGIDES ^a	Systèmes EBR SOUPLES	Systèmes NSM
	Formes complexes (exemple d'une poutre à talons)	NON	OUI	NON
	Croisement de 2 directions de renforts (i.e. renforcement bi- directionnel)	OUI sous réserve du respect des dispositions constructives complexes du paragraphe 6.1.3	OUI	NON
	Croisement de plus de 2 directions de renforts	NON	OUI	NON
	Méthode de pose avec longueurs raboutées	OUI (voir dispositions constructives à l'article 6)	OUI (voir dispositions constructives à l'article 6)	NON (cf. annexe J/NA de la norme NF EN 1992-1- 1/NA : 2026 J.12.5 (3))

Exigences relatives à la préparation des supports et à la mise en œuvre

Tableau 4 - Défauts locaux admissibles pour la pose des renforts PRF EBR

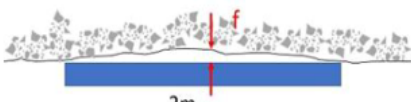
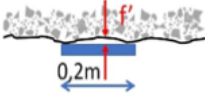
Type de composite	Défaut local de planéité à la règle de 2 mètres	Défaut local de planéité au réglet de 0,20 mètre
	 Valeur de f admise = mm	 Valeur de f' admise = mm
Plats ép ≤ 1,4 mm	≤ 5	≤ 3
Plats ép > 1,4 mm	≤ 2 sauf justification	≤ 2 sauf justification
Tissus	≤ 8	≤ 5
Autres	À justifier	À justifier



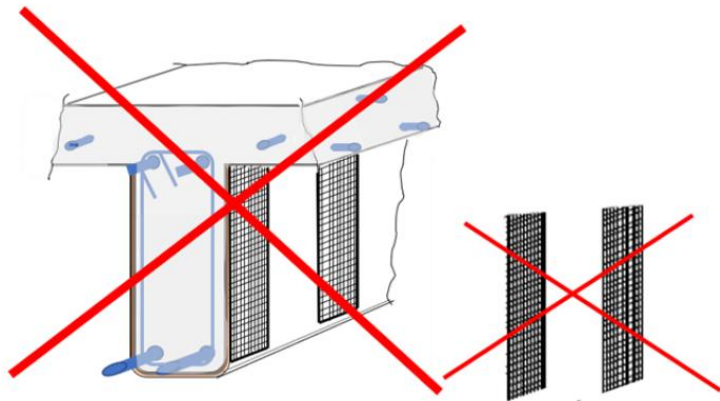
Figure 56 - Double encollage et marouflage d'un plat PRF EBR

Tableau 7 - Types de préparation des supports béton

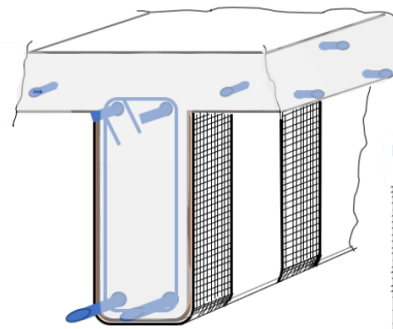
Type de préparation du support	Faciès type	Utilisations
Béton avec laitance		Interdit dans tous les cas
Zone préparée par ponçage		Pose de tissus et plats
Zone préparée par hydrodécapage ou sablage léger (rugosité < 1 mm)		Pose de tissus et plats
Zone préparée par hydrodémolition (profondeur 3 mm)		Pose de plats avec éventuelle application préalable d'un mortier PC
Zone préparée par piquage mécanique bouchardage 40x40 à 9 dents profondeur 3 mm		Pose de plats avec éventuelle application préalable d'un mortier PC

Dispositions constructives

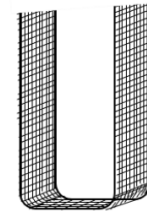
Disposition de renforcement des efforts tranchants non autorisée



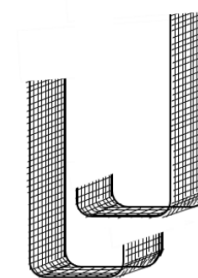
Etrier ouvert en U



recommandée

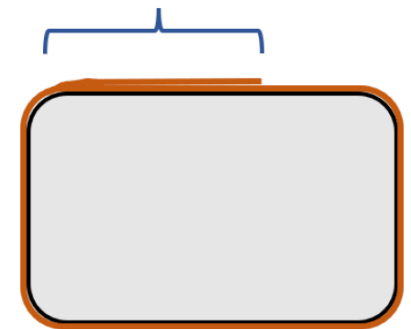


admise

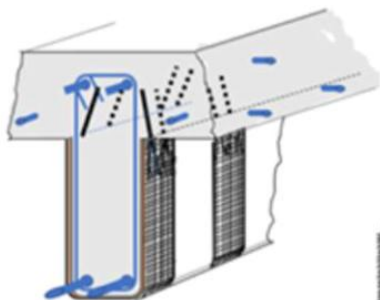


Recouvrement développé = 30cm

Recouvrement = 30cm

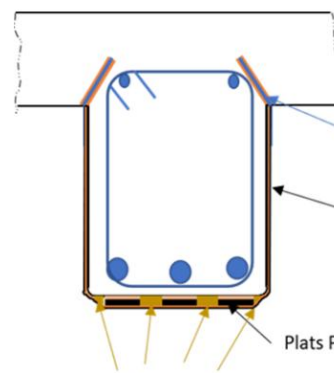
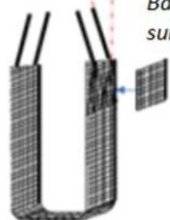


Etrier ouvert ancré



Angle < 30°

Bande de contrecolleage sur fouet des mèches

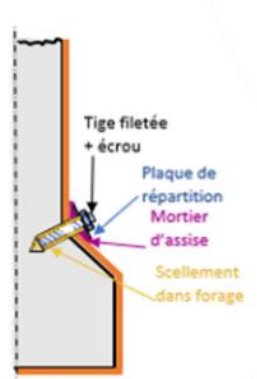
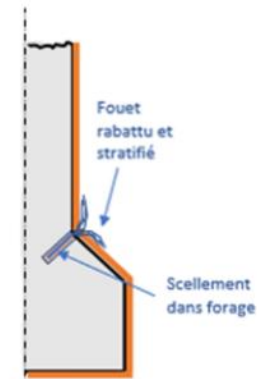


Mèches d'ancrage

Etriers en PRF tissu

Plats PRF

Reprofilages mortier PC



Qualification du personnel d'exécution

L'application des produits et systèmes est réalisée :

- sous la direction d'un responsable dit C.A.R.C. (Chargé d'Application de Renforcements Composites), dont la compétence est reconnue sur la base de références, attestations de travaux ;
- ainsi que par des ouvriers dits O.R.C. (Opérateur de Renforcements Composites).

C.A.R.C. et O.R.C. doivent être formés et qualifiés pour le procédé mis en œuvre.

NOTE 1 Le processus de qualification des intervenants d'une entreprise applicatrice peut très utilement intégrer une formation par l'entreprise détentrice du procédé de renforcement concerné.

Moyens de contrôle

Annexe I Contrôle par thermographie infrarouge

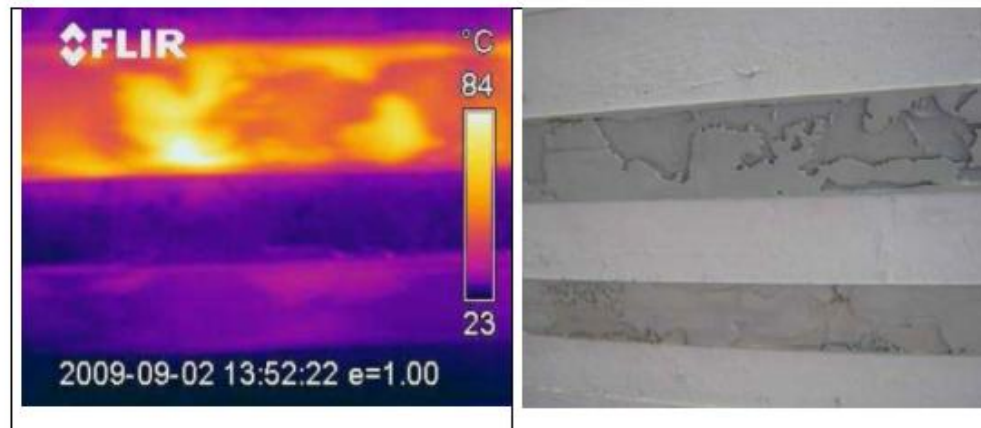


Figure I.4 - Défauts de collage sous un plat PRF en intrados de tablier de pont - Confirmation des défauts lors de la dépose des plats

- Merci de

- Votre attention
