

## Guide Simplifié de Dimensionnement

Armatures en Fibres de Carbone pour Béton Armé

**Documents scientifiques et techniques** – Synthèse basée sur le Guide AFGC (2021)

Ce guide fournit des recommandations pratiques pour le dimensionnement structural des armatures en PRFC (Polymères Renforcés de Fibres de Carbone) dans le béton armé, avec un focus sur l'ancrage et la maîtrise de la largeur des fissures. Il est destiné aux ingénieurs et bureaux d'études français.

### 1. Principes Généraux

**Hypothèses:** Les armatures PRFC sont anisotropes et élastiques jusqu'à rupture.

- Règles de base : Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1) adaptées
- Coefficient environnemental  $\alpha_{PRF}$  : 0,7 à 0,9 selon exposition (XC/XS/XF)
- Coefficient de sécurité  $\gamma_{PRF}$  : 1,3 à 1,5
- ELU (État Limite Ultime): Vérifiez  $M_{Rd} > M_{Ed}$ . Section sous-armée ( $\rho_{PRF} \leq \rho_{PRF,b}$ ) pour rupture par traction des armatures ; sur-armée pour compression du béton.
  - Résistance de calcul :  $f_{PRF,d} = \alpha_{PRF} * f_{PRF,k} / \gamma_{PRF}$
  - Déformation limite :  $\epsilon_{PRF,u,d} = f_{PRF,d} / E_{PRF}$  ( $E_{PRF} \geq 170$  GPa pour carbone)
- ELS (État Limite de Service): Limitez contraintes ( $\sigma_{PRF} \leq 0,65 f_{PRF,d}$  pour fluage), flèches et fissures.
- Durabilité: PRFC résistants aux alcalins ( $T_g \geq 100^\circ C$ ). Enrobage minimal :  $1,6 \phi_{PRF}$  pour feu/temps.
- Préconisations: Utilisez CNR DT203 ou ACI 440.1R pour adaptations. Facteur sécurité conservateur (1,5  $M_{cr}$  pour sous-armé).

### 2. Ancrage des Armatures

L'ancrage assure le transfert des efforts. Pour PRFC, adoptez des longueurs conservatrices en raison de l'adhérence moindre ( $k_b = 1,0-1,5$  selon surface).

$$l_{bd} = 1,15 \cdot \frac{k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 f_{PRF,d}}{4\tau_{bd}}$$

- $\tau_{bd}$  : adhérence (0,3-0,5 MPa pour carbone lisse ; >0,5 pour rainuré).
- $k_1-k_5$  : coefficients (position, densité béton, forme, diamètre, surface). Min.  $l_{bd} = 300$  mm ou  $40 \phi_{PRF}$ .
- ACI 440.1R:  $l_a = \max(31,6 \alpha \lambda \phi_{PRF} \sqrt{f_c} / f_{PRF,d} ; 300 \text{ mm})$  avec  $\alpha=1,0-1,5$ .

**Armatures courbes:** Rayon minimal  $r_{\text{bend}} \geq 3 \varphi_{\text{PRF}}$  (verre/carbone). Résistance coudée  $\geq 45\text{-}60\%$  droite (test ISO 10406-1). Utilisez têtes d'ancrage si rayon trop petit.

**Recouvrement:**  $l_o = 1,3$   $l_{bd} \geq 15 \varphi_{\text{PRF}}$ . Évitez en zones tendues ; espacement  $\geq 2 \varphi_{\text{PRF}}$ .

**Préconisations AFGC:** Vérifiez absence de glissement (essais pull-out). Pour carbone:  $\alpha_{\text{PRF}}=0,8$  (exposition XC/XD).

## 3. Maîtrise de la Largeur des Fissures

Limitez  $w_k \leq 0,3\text{-}0,5$  mm (ELS freq/quasi-perm) pour durabilité/esthétique. PRFC favorise fissures fines/multiple dues à  $E_{\text{PRF}}$  élevé.

**Ouverture des fissures ( $w_k$ ):** Basée sur EC2 adaptée (ACI 440.1R/CNR):

$$w_k = \beta \cdot \frac{\sigma_{\text{PRF}}}{E_{\text{PRF}}} \cdot s_m$$

où :

- $\beta = 1,7$  (moyenne à caractéristique).
- $\sigma_{\text{PRF}}$  : contrainte dans PRF.
- $s_m$  : espacement moyen fissures =  $\min(2c, s/2) + k_b \varphi_{\text{PRF}} / (4 \rho_{\text{PRF}})$  ( $k_b=1,0$  lisse ;  $1,5$  rainuré).
- Limite:  $w_k \leq 0,5$  mm (classe XC pour carbone).
- **Contrôle:** Augmentez  $\rho_{\text{PRF}}$  ou résistance pour réduire  $\sigma_{\text{PRF}}$ . Pour carbone:  $E_{\text{PRF}}=170\text{-}240$  GPa réduit déformations.
- **Préconisations AFGC:** Vérifiez à ELS freq. Pour PRFC:  $k_b=1,2\text{-}1,4$ . Évitez redistribution si fissures  $>0,3$  mm.

## 4. Références

- AFGC (2021): Utilisation d'armatures composites pour le béton armé.
- CNR DT203 (2006): Guide for FRP in RC.
- ACI 440.1R-15: Design with FRP Bars.
- ISO 10406-1: Tests for FRP.

Ce guide est une synthèse simplifiée - consultez experts pour projets spécifiques. Optimisons pour durabilité accrue !