

II Introduction :

Les ouvrages en béton armé subissent, au cours de leur vie de service, des modifications structurelles importantes selon leurs importances, leurs exploitations et leur position environnementale.

Les plus fréquentes causes sont :

- ❖ Accroissement des charges qui sollicitent la structure :
 - ✓ changement d'usage de la structure (ex: bâtiment d'habitation réhabilité en centre commercial),
 - ✓ installation de machinerie lourde dans les bâtiments industriels.
- ❖ Nécessité d'améliorer les conditions en service :
 - ✓ diminuer les déformations et flèches,
 - ✓ réduire la contrainte des armatures,
 - ✓ diminuer l'ouverture des fissures.

Les modifications dans les ouvrages en béton armé, sont causées par le fait que le béton est un matériau partiellement fragile, ce qui nécessite des réparations ou des renforcements des structures avant d'arriver à leur limite de vie utile.

Une des méthodes curatives envisagée est d'utiliser le renforcement extérieur par des matériaux composites.

Un renforcement consiste à consolider, à augmenter la résistance d'un élément et ainsi à améliorer les performances et la durabilité des ouvrages. Quant à la réparation, elle consiste à remettre en état une structure endommagée, Elle vise à compenser les pertes en rigidité et en résistance.

II-1 les matériaux de renforcement :

Les caractéristiques des matériaux utilisées sont :

II-1-1 béton armé :

Le béton armé est un élément mélangé par plusieurs matériaux.

Il est constitué par la réunion de deux matériaux que nous supposons simple; c'est le béton et l'acier, disposés d'une façon à utiliser d'une manière économique la résistance de chacun d'eux on appelle béton : est formé de granulats et d'une pâte d'eau de ciment qui a durci dans le temps après des réactions d'hydratation.

On appelle béton armé le matériau obtenu en ajoutant au béton des barres en acier.

Dans l'association béton + acier, le béton résiste aux efforts de compression et l'acier résiste aux efforts de traction et éventuellement aux efforts de compression si le béton ne suffit pas pour prendre tous les efforts de compression qui existent.

Béton → Compression (Résistance à la compression = 20 MPa à 40MPa pour béton ordinaire).[13]

(Résistance à la traction = 2 MPa à 4MPa pour béton ordinaire).

Acier → Traction ou compression (200 MPa à 500 MPa pour les aciers a hautes adhérences).[13]

II-1-1-1 béton :

Le béton est un matériau de construction résistant et durable que l'on peut mouler en des formes très variées : massifs de fondation, barrages, éléments de charpentes (poutre, dalles, poteaux) et coques minces de formes divers.

Le béton est formé de granulats et d'une pâte d'eau de ciment qui a durci dans le temps après des réactions d'hydratation.

Les principaux constituants des bétons sont : - le ciment- les adjuvants- l'eau de gâchage, les granulats

II-1-1-1-1 Caractéristique physiques et mécaniques du béton :

❖ caractéristiques physiques :

✚ **Masse volumique** : La masse volumique « ρ » des bétons courants est compris entre 2,2 et 2,4 t/m³ (le poids volumique « γ » 22 et 24 KN/m³ ou KPa) . [13]

✚ **Retrait.** : Au cours de sa vie, le béton subit une variation de volume sans chargement extérieur.

Le retrait est une variation dimensionnelle du béton sans chargement extérieur, le retrait varie en fonction :

- de l'état hygrométrique du milieu ambiant,
- du dosage de ciment,
- de la qualité d'eau de gâchage.

❖ Ccaractéristiques mécaniques :

✚ **Résistance caractéristiques en compression** « f_{cj} » : Le béton est défini par la valeur de sa résistance à la compression à 28 jours d'âge dite valeur caractéristique requise, notée f_{c28} .

Lorsque les sollicitations s'exercent sur un béton à un âge inférieur à 28 jours ((à j jours ; en cours

d'exécution), on se réfère à la résistance f_{cj} du béton au jour j considéré.

La résistance (f_{cj} en MPa) du béton est obtenue expérimentalement par un essai de compression sur des éprouvettes cylindriques de béton de dimensions 16x32 cm², généralement à 3, 7 ou 28 jours.

En fonction de f_{c28} , f_{cj} est estimée comme suit : selon le **BAEL**

$$\text{pour } j \leq 28 \quad f_{cj} = \frac{j}{4,67 + 0,83j} f_{c28} \quad \text{pour } f_{c28} \leq 40 \text{ MPa}$$

$$\text{pour } 28 \leq j \leq 60 \quad f_{cj} = \frac{j}{1,40 + 0,95j} f_{c28} \quad \text{pour } f_{c28} > 40 \text{ MPa}$$



Résistance caractéristique à la traction :

La résistance à la traction du béton est beaucoup plus faible que sa résistance à la compression ($f_t \approx 1/10 f_c$), on peut déterminer f_t expérimentalement par :

La résistance caractéristique à la traction est conventionnellement définie par la relation empirique (en MPa) suivante (selon le B.A.E.L) :

$$\text{pour } f_{cj} < 60 \text{ MPa} \quad f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$$

$$\text{pour } f_{cj} \geq 60 \text{ MPa} \quad f_{tj} = 0,275 f_{cj}^{\frac{2}{3}}$$



Fluage (déformation sous charge constante)

L'expérience a montré que, lorsque le béton est conservé en étant soumis à un chargement constant, la déformation du béton augmente : c'est le fluage.

II-1-1-2 L'acier :

L'acier est un matériau très résistant, la résistance utile de l'acier, en compression et en traction, est de l'ordre de 10 fois la résistance à la compression des bétons (et de 100 fois leur résistance à la traction).

Les aciers pour béton armé sont fabriqués en usine, sous forme de fils ou barres de longueur commerciale de 12m et différents diamètres (5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32, 40 mm). On définit :



La résistance caractéristique de l'acier comme étant sa limite élastique garantie : f_e



Le module d'élasticité longitudinale de l'acier est pris égal à : $E_s = 200000 \text{ MPa}$ [13]

a- Diagramme contraintes- déformations (de calcul)

Le diagramme contraintes (σ_s) –déformations (ϵ_s) est conventionnellement défini ci-dessous :

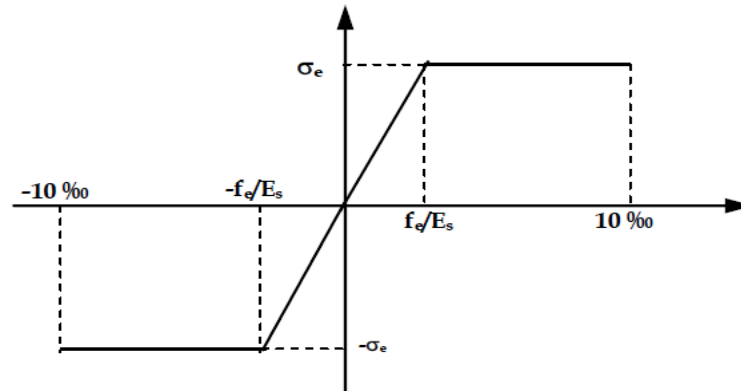


Figure II-1 : Diagramme contraintes- déformations de l'acier. [13]

b- Aciers utilisés en B.A :

Les armatures métalliques sont placées dans les zones du béton où le risque de fissuration est important (zones tendues ou cisailées).

Les armatures pour B.A sont constituées par des aciers qui se distinguent par leur nuance et leur état de surface.

- ❖ **Ronds lisses** : C'est un acier qui n'a subi aucun traitement thermique, il présente une surface lisse. Ce sont des aciers doux ; leur résistance est moyenne, ils sont souples et élastiques, Pour ce type, il existe deux (02) nuances : [13]

FeE 215 —————→ $f_E=215 \text{ MPa}$

FeE 235 —————→ $f_E=235 \text{ MPa}$

- ❖ **Armatures à haute adhérence** : Leur surface présente des reliefs (nervures en hélice, ...) qui améliorent l'adhérence de la barre au béton.

Ces aciers sont très résistants, mais peu souples, Pour ce type, on a :

FeE 400 —————→ $f_E=400 \text{ MPa}$

FeE 500 —————→ $f_E=500 \text{ MPa}$

- ❖ **Treillis soudés** : Les treillis soudés sont des grillages en fils tréfilés et lisses, assemblés aux points de croisement par soudure électrique.

Leur diamètre varie entre 4 et 12 mm. Ils sont généralement utilisés comme armature des dalles et voiles. [13]

II-1-1-3-Les avantages et les inconvénients du béton armé :

Les avantages du béton armé peuvent se résumer ainsi:

- ✓ facilite d'emploi, et disponibilité du matériau.
- ✓ grande variété de formes possibles.
- ✓ absence d'assemblages
- ✓ absence d'entretien des ouvrages finis.

Quant aux inconvénients, on peut citer :

- ✓ son poids.
- ✓ brutalité des accidents.
- ✓ temps de durcissement relativement long.
- ✓ exécution peu précise.
- ✓ difficulté de reprise des ouvrages en cas de transformation.

II-1-2- Les Polymères renforcés de fibres « PRF » :

Un PRF consiste en deux ou plusieurs matériaux distincts combinés à l'échelle macroscopique afin de produire un produit possédant des caractéristiques qui dépassent celles de leurs composantes seules.

Un PRF est une combinaison de fibres à haute résistance (les fibres de verre, de carbone et d'aramide sont les plus utilisées) dans une matrice (polyester, vinylester, époxy ou autre).

Le matériau ainsi obtenu est hétérogène et anisotrope, les fibres donnent la résistance mécanique alors que la matrice unit les fibres, les protège et transfère les charges aux fibres par cisaillement. Les plaques de PRF sont des lames (ou stratifiées) constituées d'un certain nombre de couches appelées plis. [9]

Un pli est une couche de fibres ou de fibres tissées, imprégnées dans une matrice, lorsque les plis sont empilés les uns sur les autres dans une combinaison d'orientation, définie à partir des propriétés mécaniques désirées, le produit s'appelle alors laminé.

Les fibres peuvent être disposées de différentes façons dans un pli. On distingue le pli à fibres unidirectionnelles (aussi appelé nappe unidirectionnelle), le pli à fibres tissées (appelé tissu) et le pli mat (fibres disposées dans un plan sans aucune orientation préférentielle).

La plus importante caractéristique des PRF est leur rapport résistance-masse élevé, on peut facilement produire un PRF dont la résistance à la traction est supérieure à celle de l'acier, et cela pour une masse correspondant à moins de 10 % [9] de celle de l'acier.

Les PRF ont une grande rigidité (certaines fibres de carbone à haut module ont un module d'élasticité d'environ deux fois celui de l'acier), généralement une bonne résistance à la fatigue (excepté pour les fibres de verre), une excellente résistance à la corrosion et un poids très léger.

Ils sont aussi reconnus pour leur neutralité électromagnétique. Les matériaux composites en polymères renforcés de fibres « PRF » sont des produits de synthèse constitués principalement de renforts fibreux, supportés par un liant appelé matrice.

Leur comportement dépend principalement du pourcentage de fibres et des propriétés mécaniques des constituants.

Ce sont les renforts fibreux qui donnent aux composites leurs propriétés hautement directionnelles, leur imposant un comportement anisotrope et essentiellement linéaire élastique jusqu'à la rupture.

Dans ce travail on a renforcé d'une poutre en béton armée en cisaillement par PRF en utilisant les tissus.

II-1-3 les tissus :

La fibre unitaire est généralement appelée mono filament, les mono filaments [6] sont en suite réunis en fils ou mèches.

Les fils peuvent être utilisés pour réaliser des formes surfaciques comme les tissus, qui sont constitués principalement de :

- D'une chaîne, ensemble de fils parallèles répartis dans un plan suivant la longueur du tissu.
- D'une trame, ensemble de fils s'entrecroisant avec les fils de chaîne. [5]

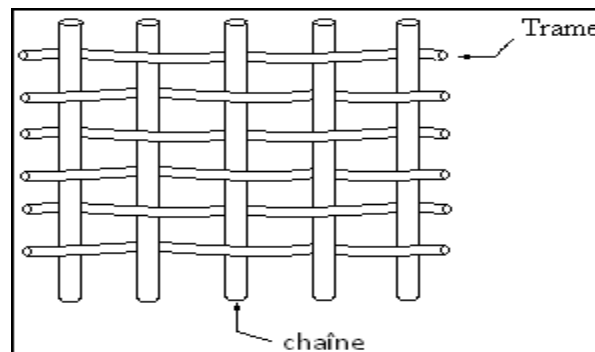
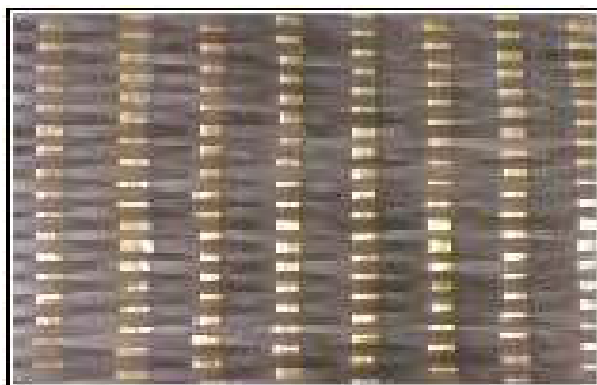


Figure II-2 Disposition des chaînes et trames dans les fibres dans un tissu.[5]

Les tissus diffèrent par le type de fils utilisés par la masse linéique des fils, et par le mode d'armure des fils de (chaîne et de trame).



a) tissu Ud avec fils de liage.



b) tissu UD avec un filet.

Figure II-3 Photo de divers tissus unidirectionnels. [11]

II-1-3-1 SikaWrap® Tissus

Tissus de fibres de carbone et de fibres de verre, tissés de façon unidirectionnelle. Pour le renforcement de solives, piliers et éléments de construction incurvés.

Les tissus seront collés à l'aide de la résine d'imprégnation à base d'époxy Sikadur®-330.

❖ **Avantage:**

- Nombreuses possibilités d'utilisations également pour les surfaces recourbées.
- Faible poids propre.
- Bonne stabilité dimensionnelle grâce à des fils de trame spéciaux.
- Facile à couper.

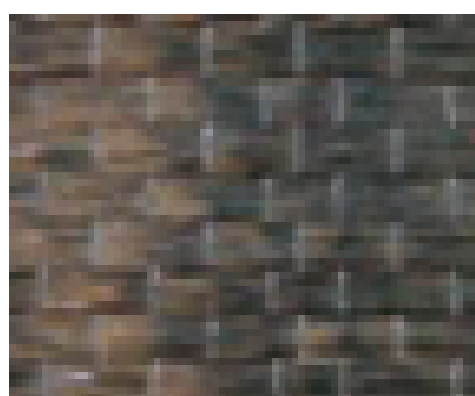


Figure II-4 : SikaWrap® Tissus [15]

❖ **Propriété de SikaWrap® Tissus :**

Tableaux II-1 : les propriétés de SikaWrap® Tissus [15]

Propriétés du matériau des Laminats		Charge admissible lors d'un allongement de 6 %	Module E N/mm ²	Remarque
SikaWrap®	Type 230C /45	150 kN/m Largeur	25'000	Valable pour une épaisseur de laminage de = 1 mm
	Type 300C /60	200 kN/m Largeur	33'000	Valable pour une épaisseur de laminage de = 1 mm
	Type 430G /25	90 kN/m Largeur	19'000	Valable pour une épaisseur de laminage de = 0.5 mm

Les tissus ont une synergie avec la résine (**Sikadur®-330**) dans laquelle ils sont enrobés. Pour le calcul statique, il ne faut pas utiliser les paramètres des fibres, mais ceux du laminé, les valeurs varient suivant le type de tissu.

- ❖ L'adhérence à la traction du support en béton doit être au minimum de 1 N/mm².

- ❖ La moyenne doit être au minimum de 1.5 N/mm²
- ❖ Le système se compose du tissu et de la colle à base de résine époxy Sikadur®-330
- ❖ Temps d'attente depuis l'application jusqu'à la sollicitation: 7 jours à 23 °C. [15]



Application du SikaWrap® :

Le tissu SikaWrap® est noyé directement dans le lit de colle Sikadur®-330 déjà appliqué et pressé fortement au moyen d'un rouleau à imprégner Sika.

Ce procédé est possible jusqu'à un poids du tissu de 300 g/m². [15]



Figure II-5 : Application du SikaWrap® :[15]

II-1-4 MISE EN OUVRE

Le TFC peut être appliqué sur tous les matériaux de constructions usuels : béton armé ou précontraint, charpente métallique et bois maçonnerie.

Cependant, afin d'éviter une délamination prématurée, il convient de s'assurer de la résistance mécanique du support ; le béton, par exemple, doit présenter une résistance à la compression au moins égale à 20 MPa. [8]

La surface de support doit être convenablement nettoyée, dégraissée, et débarrassée de toute particule non adhérente ou susceptible d'amoindrir la résistance du collage; c'est le cas pour la rouille de l'acier, pour la laitance du béton, qu'il convient d'éliminer par sablage.

Une première couche de résine est appliquée à la brosse ou au rouleau à raison de 700 gr/m² environ. [8]

Puis le tissu est appliqué sur le support et marouflé au rouleau de façon à obtenir par imprégnation un contact intime entre les fibres du tissu et la résine, qui doit ressuer sur toute la surface du renfort. La pose est effectuée par application d'un tissu sec sur une couche de résine humide.

Ce procédé permet d'éviter la formation de poches d'air occlus dans le plan de collage car l'air s'échappe à travers les mailles du tissu.

Après le marouflage, une couche de fermeture de la même résine est appliquée à la spatule sur le tissu à raison de 700 gr/m² environ.

Pour certaines finitions et en particulier dans le cas où l'isolation thermique est demandée, il est possible de projeter sur la résine encore humide un sable fin ou autre matériau susceptible de créer une interface support du revêtement final.

II-1-4-1 Préparation de la surface du béton :

La surface du béton doit être bien préparée afin d'éviter la rupture à l'interface résine béton par le suivi d'un procédé adéquat.

Une bonne préparation extérieure du béton exige une importante maintenance, est que les surfaces de béton irrégulier sont réglées. [8]

- ❖ préparation du support : - décapage.



- ❖ nettoyage et brossage des surfaces qui peuvent être humides.



- ❖ Réparation des fissures par injection de la résine.



II-1-4-2 Adhésif

Les adhésifs forts sont disponibles pour le collage de la plaque de PRF, et leur force excède généralement celle du béton, donc la rupture de l'adhésif est rare.

Cependant, si des adhésifs faibles sont employés ou si les adhésifs sont incorrectement appliqués, la rupture peut se produire dans la couche adhésive, sur les faces superposées de PRF. [8]

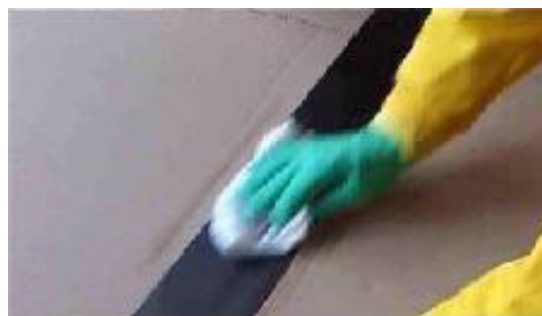
- ❖ Préparation de la colle.



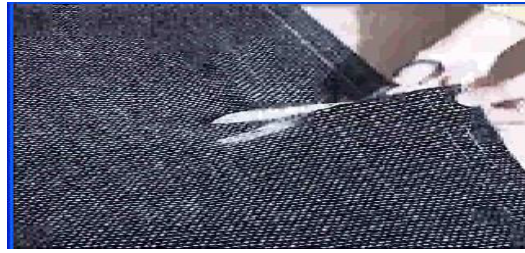
- ❖ Encollage.

**II-1-4-3 Préparation de la surface du renfort :**

Pour les plaques de composites, la rupture peut se produire aussi à l'interface de composite-résine si la surface de la plaque de carbone n'est pas correctement préparé (par exemple déplacement inadéquat, des impuretés comme par exemple : graisse sur la surface).



- ❖ Pour les tissus : Découpe du tissu.



- ❖ Application au rouleau, d'une couche de résine d'accrochage sur la surface à renforcer.



- ❖ Mise en place de la bande ou du tissu.



- ❖ Application au rouleau, d'une couche de résine d'accrochage sur la surface extérieure.



- renfort éventuel de la fixation des extrémités par mise en œuvre de chevilles TFC.
- passage de la bande dans l'imprégnateur.
- passage rouleau du maroufler imprégnateur. [8]

II-2 Durabilité du PRF :

La durabilité d'un matériau désigne sa capacité à maintenir au cours du temps ses propriétés caractéristiques pour lequel il est employé.

Les PRF sont des matériaux composites donc hétérogènes, ils sont susceptibles de s'endommager de différentes façons, au niveau de chacun de ses constituants (fissuration interne de la résine de polymère, rupture des fibres, etc.) et à l'interface entre ses constituants (délamination).

Ces détériorations peuvent être dues à des modifications physiques et/ou chimiques des constituants, elles résultent essentiellement en une perte d'adhérence avec le béton support, une diminution de la liaison entre les fibres et la matrice, une réduction de la résistance et du module d'élasticité.

Cette technique de réhabilitation étant relativement récente, il n'existe pas de retours d'expérience in situ :

Des études expérimentales en conditions environnementales accélérées sont donc menées.

✓ Durabilité sous climat froid :

La durabilité sous climat froid est éprouvée par une exposition prolongée à des températures extrêmes (18°C ou -40°C) ou par des cycles (environ 300) de gel/dégel (18°C à 15°C). [10]

Lors d'une exposition de longue durée au froid, la résistance mécanique du béton réparé n'est pas affectée par la température et peut même être améliorée par rapport à celle du béton de référence (béton réparé conservé à température ambiante) : cet accroissement est dû au durcissement de la matrice du FRP à basse température qui augmente la rigidité du renforcement dans la région plastique.

Cependant, le mode de rupture des bétons renforcés devient fragile à basse température : la rupture est soudaine et brutale et ceci peut devenir problématique car aucun signe avant-coureur n'apparaît et une simple inspection visuelle de la structure ne suffit pas à prévenir la rupture.

Lors de la diminution de la température la rigidité des fibres augmente, le transfert des contraintes de la matrice aux fibres n'est plus continu et peut devenir préjudiciable. [10]

Par contre, l'alternance de gel et dégel diminue la capacité mécanique du béton enrobé par des FRP, notamment car les liaisons à l'interface entre le béton et le renforcement sont rompues suite à l'expansion.

Puis la rétraction des matériaux avec la température qui ne se fait pas de la même manière pour le béton et le composite étant donné leurs différents coefficients de dilatation thermique.

Cet effet est plus marqué pour les polymères à fibres de verre que pour ceux à fibres de carbone car plus rigides et plus sensibles à l'humidité

✓ Durabilité en milieu corrosif :

La corrosion du béton est due à la pénétration de chlorures (provenant du milieu marin, de sels de déverglaça gé, etc), ou la carbonatation du béton.

Ces deux phénomènes sont gouvernés par la porosité du béton. La question est de savoir si le renforcement d'éléments fragilisés par la corrosion va stopper ou non leur corrosion.

Soumettent différentes éprouvettes (enveloppées de PRF, non enveloppées ou enrobées en cours d'expérience) à une ambiance corrosive (solution saline à 40°C). [10]

Ils mesurent au cours du temps le courant de corrosion résultant.

L'application de PRF, et ici même si elle survient après 200 jours [10] de corrosion, permet de diminuer le courant de corrosion à une zone de valeurs pour les quelles la vitesse de corrosion est très faible et non menaçante.

L'action anticorrosive de l'enveloppe réside essentiellement en la barrière physico-chimique que constitue sa compacte couche de résine.

Dans le cas de renforcement d'éléments corrodés, deux techniques d'enrobage sont utilisées :

- Enveloppement après déchlorurassions par des méthodes électrochimiques de l'élément,
- Enveloppement immédiat.

La première est bien sûre conseillée si le milieu environnant est particulièrement agressif et induit une corrosion rapide.

La deuxième, recommandée dans des cas moins préjudiciables, nécessite néanmoins une surveillance par inspection ou monitoring des éléments réparés.

Bien que l'enchemise ment par FRP isole le béton du milieu extérieur et le protège ainsi de la pénétration d'agents extérieurs.

La corrosion dans les éléments enveloppés perdure si le nécessaire n'est pas fait car l'humidité emmagasinée et avec tous les éléments corrosifs dissouts dans cette phase aqueuse sont désormais confinés par le renfort et prolongent leur attaque.

✓ Durabilité dans le milieu environnant :

Le milieu environnant peut aussi être plus ou moins agressif selon si ce milieu, aqueux ou gazeux, contient des agents agressifs tels que les acides, les sulfates, le dioxyde de carbone, etc.

Des études comparant la durabilité de renforcements GFRP et CFRP ont montrées que les fibres de verre étaient sensibles à l'humidité et se dégradaient dans des solutions salines.

Une autre étude souligne que la durabilité des fibres n'est pas l'unique paramètre déterminant deux types de fibres (carbone et verre) sont testés dans deux résines différentes (époxy et polypropylène diamine).

Les bétons renforcés subissent des cycles de séchage/humidification (300) dans de l'eau de mer à 35°C. [10]

Le comportement des bétons renforcés est similaire à celui de référence avant de subir des cycles. Pour les bétons renforcés ayant subi un vieillissement, on observe que pour les fibres de carbone les résultats sont identiques quelque soit le type de résine alors que pour les fibres de verre la nature de la matrice importe (le renforcement est meilleur pour le couple fibre de verre/polypropylène diamine).

✓ **Résistance au feu :**

La résistance au feu est une problématique importante car les éléments à renforcer ; qu'ils se trouvent à l'intérieur de parkings, d'habitations ou qu'ils soient des éléments de tunnels ou de ponts doivent garantir un maintien structurel pendant une certaine durée en cas d'incendie.

D'autre part, les matériaux de construction doivent limiter au maximum la propagation des flammes et leur combustion ne doit pas générer ni de fumées toxiques ni d'émanations dangereuses.

Ces points sont critiques pour des matériaux chimiques tels que les polymères renforcés de fibres.

Les FRP sont très sensibles à l'élévation de température : dès que la température approche celle de transition vitreuse des fibres, de la matrice ou encore de l'adhésif (T_g , généralement entre 65 et 100°C [10] pour les matériaux ici traités),

Le composite se détériore : la rupture des liaisons chimiques rend le renforcement totalement inutile.

En l'absence de données, les FRP sont déclarés inefficaces vis-à-vis de la résistance au feu.

✓ **Fluage, corrosion sous contrainte :**

Le fluage des composites à fibres de carbone n'est pas un facteur déterminant pour le dimensionnement du renforcement d'élément structuraux, car les structures renforcées ont généralement déjà subi leur propre fluage.

L'atmosphère ou l'environnement ambiant en est général insuffisant pour causer une corrosion du composite. Néanmoins, il peut y avoir corrosion lorsque le composite est soumis à un certain niveau de contrainte : c'est la corrosion sous contrainte.

Ce phénomène est dépendant du temps, du niveau de contrainte, du type de matrice et de fibres. Les fibres de carbone n'en sont que très légèrement affectées, lorsque le niveau de contrainte reste inférieur à 80% [10] de la résistance ultime : les niveaux de sollicitation réel des composites en place sont tels que les risques sont très limités.

II-3 Les codes utilisés pour le calcul :

Utilisation des matériaux composites est mondiale parmi les codes sont intégrés normalisée par des différents code elle retient par :

➤ **RÈGLES DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE GÉNIE CIVIL (AFGC) :**

Le groupe de travail de l'Association Française de Génie Civil (AFGC) a établi un guide concernant le renforcement de structures en béton au moyen de matériaux composites ; on trouve des méthodes de calcul pour le dimensionnement de ces renforts, mais également des recommandations de mise en œuvre et de contrôle de ces matériaux in situ.

Les méthodes de calculs établies à ce jour par [14] l'AFGC concernent les structures soumises à la flexion simple, à l'effort tranchant ou à la compression centrée (ou faiblement excentrée).

➤ **LE CODE DE CALCUL ITALIEN :**

Le code de calcul italien est une référence importante en matière de renforcement de structures par matériaux composites il présente des méthodes de dimensionnement vis-à-vis de sollicitations complexes, pour différents types de structures, en béton armé, en béton précontraint ou en maçonneries.

Ce guide n'est pas un texte réglementaire mais constitue plutôt une aide aux gestionnaires qui seraient intéressés par un renforcement de structures par matériaux composites ; néanmoins certaines formules de ce guide se retrouvent dans l'Euro code 8[14] , un guide pour le renforcement des structures en acier par composites collés a de plus été édité.

Dans la présentation qui est faite ici pour le renforcement par PRF, nous nous limiterons aux cas de renforcements pour les structures en béton armé soumises à des sollicitations de compression simple et flexion composée.

➤ **EUROCODE :** Les différents Euro codes vise un aspect spécifique de la conception, ou un type particulier de construction.

Nous nous intéresserons principalement à l'EC8-3 qui concerne le renforcement ; L'EC8-3 est décliné pour les structures de bâtiments. Elle évoque, dans la section dédiée au renforcement par chemisage de PRF, les effets de ces matériaux composites sur la résistance à l'effort tranchant de la structure, ainsi que le confinement. En revanche, la contribution d'éventuels matériaux composites pour le renforcement à la flexion est négligée.

➤ **RÈGLEMENTATION JAPONAISE :**

Les autorités japonaises proposent un guide de recommandations traitant notamment de la capacité résistante en flexion et en cisaillement et de la capacité de déformation des poteaux.

Outre la partie dévolue au calcul et au dimensionnement, le guide expose les dispositions constructives permettant d'appliquer au mieux les PRF, par ailleurs, comme en France, il existe au Japon des indices de résistance sismique à prendre en compte pour le dimensionnement.

Le guide japonais se base sur le principe d'un renforcement de poteaux en béton armé destiné à augmenter la résistance au cisaillement et la raideur, afin d'améliorer la résistance en flexion, ce qui permet alors de contribuer à l'amélioration des propriétés sismiques de la structure.

Dans le cas des poteaux en béton armé, les méthodes d'évaluation de la résistance concernent la résistance vis-à-vis d'une sollicitation de flexion composée et la résistance au cisaillement.

➤ **RÈGLES D'ISIS CANADA RESEARCH NETWORK :**

ISIS Canada Research Network a été créé en 1995 afin d'aider les ingénieurs en Génie Civil à construire et réparer les structures avec des PRF, ou encore à les surveiller grâce à une instrumentation par fibre optique.

Ce groupe de travail rassemble 14 universités canadiennes [14] et tend à promouvoir les infrastructures innovantes, concernant le renforcement de structures en béton par PRF, les chercheurs d'ISIS Canada proposent différentes règles de dimensionnement, notamment pour un renforcement en flexion et au cisaillement des poutres, et pour un renforcement en compression des poteaux.