

# Armature en matériaux composite

- Document tiré du Manuel de conception des structures volume 1 (Ministère des transports)
- Fiche technique de barre composite du fabricant PULTRALL



COMPLEXE  
**TURCOT**

# **MANUEL DE CONCEPTION DES STRUCTURES**

**VOLUME 1**

---

**OCTOBRE 2008**

Québec 

# MANUEL DE CONCEPTION DES STRUCTURES

## VOLUME 1

### TABLE DES MATIÈRES

<b>Chapitre 1</b>	Généralités
<b>Chapitre 2</b>	Durabilité
<b>Chapitre 3</b>	Charges
<b>Chapitre 4</b>	Calcul parasismique
<b>Chapitre 5</b>	Méthodes d'analyse
<b>Chapitre 6</b>	Fondations
<b>Chapitre 7</b>	Ouvrages sous remblai
<b>Chapitre 8</b>	Ouvrages en béton
<b>Chapitre 9</b>	Ouvrages en bois
<b>Chapitre 10</b>	Ouvrages en acier
<b>Chapitre 11</b>	Joints, appareils d'appui
<b>Chapitre 12</b>	Dispositifs de retenue et supports d'équipements routiers
<b>Chapitre 13</b>	Ponts routiers mobiles
<b>Chapitre 14</b>	Évaluation
<b>Chapitre 15</b>	Réfection
<b>Chapitre 16</b>	Ouvrages renforcés de fibres
<b>Chapitre 17</b>	Ouvrages connexes
<b>Chapitre 18</b>	Documents
<b>Chapitre 19</b>	Procédures administratives
<b>Annexe A</b>	Dessin assisté par ordinateur

**Dépôt légal Octobre 2008**  
**Bibliothèque et Archives nationales du Québec**

## 16.1 GÉNÉRALITÉS

Tout projet touchant la réalisation d'ouvrages renforcés de fibres exige l'approbation préalable de la Direction des structures.

## 16.2 CONCEPTION

En complément à la norme CAN/CSA-S6 « Code canadien sur le calcul des ponts routiers », des manuels de conception ont été élaborés pour l'application de polymères renforcés de fibres dans les ponts neufs et les ponts existants. Ces manuels présentent les équations fondamentales, les méthodologies et des études de cas pour illustrer l'application des procédés.

Pour les ponts neufs, le manuel est le suivant :

« Renforcement des structures en béton à l'aide de polymères renforcés de fibres (PRF) ».

Pour les ponts existants, le manuel est le suivant :

« Renforcement des structures en béton armé à l'aide de polymères renforcés de fibres (PRF) encollés à l'extérieur ».

Ces manuels proviennent de l'organisme *ISIS Canada* (Innovations en structures avec systèmes de détection intégrés).

## 16.3 DALLE DE TABLIER EN BÉTON ARMÉ

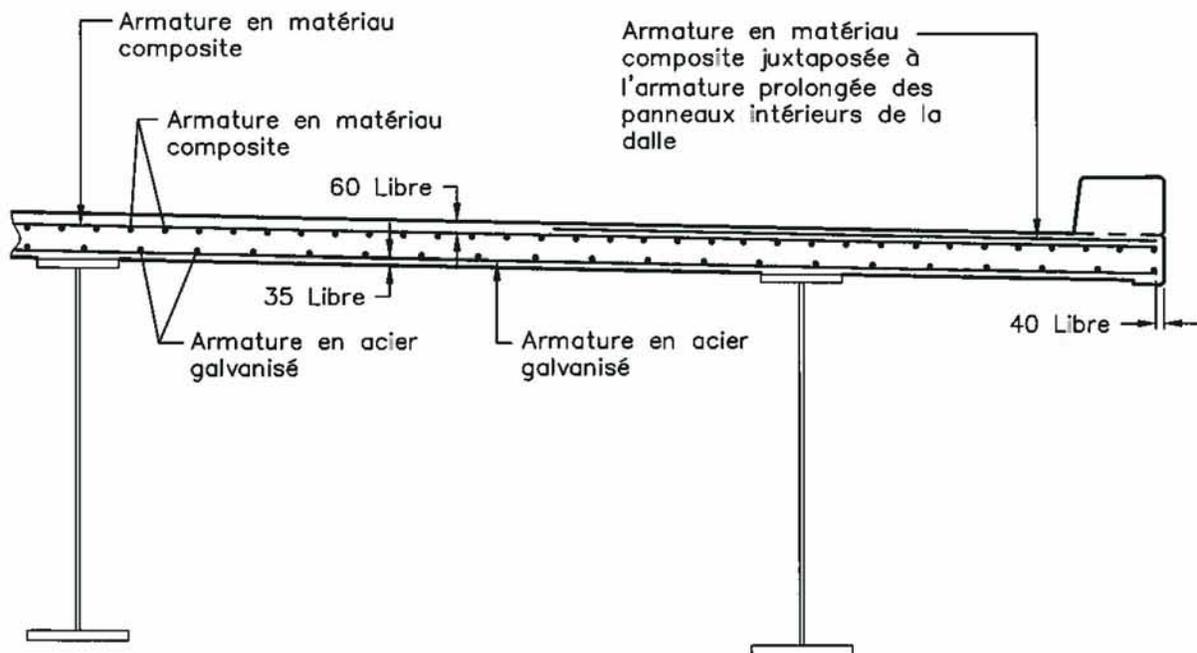
Dans le cas où de l'armature en acier galvanisé est requise à l'intérieur d'une dalle de tablier, celle-ci peut être remplacée pour certains projets par de l'armature en matériaux composites pour les nappes d'armatures supérieures transversale et longitudinale seulement (voir la figure 16.3.1). La détermination du patron d'armature en matériaux composites pour les nappes d'armatures supérieures doit être effectuée par la Direction des structures, au cas par cas, selon les caractéristiques particulières du projet étudié.

Les nappes d'armatures inférieures transversale et longitudinale doivent être en acier galvanisé et, pour ces nappes, le patron d'armature doit être déterminé selon les modalités prévues à l'article 8.2 de ce manuel à l'aide de la méthode élastique de calcul. De même, l'armature principale requise au détail de l'extrémité de dalle avec joint de tablier (voir figures 11.3-9a et 11.3-9b) doit être en acier galvanisé pour permettre le remplacement plus aisé du joint de tablier sans endommager cette armature.

Le remplacement de l'armature en acier galvanisé par de l'armature en matériaux composites doit être strictement réservé aux ponts à une seule travée qui ne sont pas situés sur le réseau stratégique en soutien au commerce extérieur.

Les armatures en matériaux composites doivent être en polymère renforcé de fibres de verre.

Avant de préparer un projet faisant appel à l'utilisation d'armature en matériaux composites, il faut consulter la Direction des structures pour obtenir de plus amples informations concernant les exigences techniques et de contrôle de la qualité, pour obtenir les informations à inclure aux plans et devis ainsi que pour connaître les coûts supplémentaires reliés à l'utilisation de ce type d'armature.



**Figure 16.3-1** Disposition de l'armature



Mars 2007

## Guide de spécification du produit

Notes du spécifiant : Les spécifications de ce produit sont écrites en accord avec le format du « Construction Specifications Institute (CSI) », incluant le « *MasterFormat* (1995 Edition), le *SectionFormat* », et le « *PageFormat* », contenu dans le « *CSI Manual of Practice* ». Cette section doit être révisée soigneusement par un ingénieur pour rencontrer les exigences du projet et du code du bâtiment applicable. Coordonner avec les autres sections de spécifications et les dessins. Effacer toutes les « Notes du spécifiant » après l'édition de cette section.

### SECTION 03205

#### BARRES D'ARMATURE DE POLYMÈRE RENFORCÉES DE FIBRE DE VERRE (PRF) POUR LE RENFORCEMENT DU BÉTON

Notes du spécifiant : Cette section couvre les barres d'armature de polymère renforcée de fibre de verre (PRF) **V-ROD™** de Pultrall pour le renforcement du béton. Une des raisons principales pour considérer les barres PRF pour le renforcement du béton vient du fait que l'acier rouille dans le béton lorsqu'assujéti à des conditions environnementales difficiles, résultant en une perte de solidité et d'intégrité structurelle. Les autoroutes sont particulièrement soumises à cette corrosion étant exposées aux éléments environnementaux et aux sels déglaçant dans les climats plus froids. Il est essentiel que tous les éléments de renforcement de tension, incluant les barres PRF utilisés dans les structures de béton, conservent une capacité de force suffisante durant la durée de vie prévue des structures de béton.

Les barres PRF **V-ROD™** sont une alternative aux barres d'armature d'acier lorsque le béton armé est:

1. Exposé aux sels déglaçant.
2. Érigé dans ou près de l'eau de mer.
3. Soumis à d'autres agents corrosifs.
4. Doit garder une conductivité électrique basse ou une bonne neutralité électromagnétique.
5. Doit aider à diminuer le poids. Les barres PRF **V-ROD™** sont 25% du poids des barres d'acier de dimensions équivalentes.

Notes du spécifiant: Les références ci-dessous devraient être consultées par l'ingénieur concernant l'utilisation des barres PRF pour le renforcement du béton. Des informations additionnelles sont disponibles chez Pultrall en conjoncture avec ces documents, pour de l'aide et de l'information sur l'édition de cette section pour les applications spécifiques.

1. ACI 440.1R-03 2003 "Guide for the Design and Construction of Concrete Reinforced with PRF Bars," American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich.
2. ACI 318-95, "Building Code Requirements for Concrete" (1995), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 347 pp.
3. CAN/CSA-S806-02, "Design and Construction of Building Components with Fibre-Reinforced Polymers", Canadian Standards Association, Toronto, Ontario, Canada, (May 2002).
4. CAN/CSA-S6\_00 "Canadian Highway Bridge Design Code" Canadian Standards Association, Toronto, Ontario, Canada, (December 2000), 734p.
5. ISIS Canada 2001a "Reinforcing Concrete Structures with Fiber Reinforced Polymers," Design Manual No. 3, The Canadian Network of Centers of Excellence on Intelligent Sensing for Innovative Structures, ISIS Canada Corporation, Winnipeg, Manitoba, Canada, 158p.
6. ACI 440R-96, "State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Plastic Reinforcement for Concrete Structures" (1996), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 68 pp.
7. "Placing Reinforcing Bars" (1992), Concrete Reinforcing Steel Institute, Schaumburg, IL.
8. "Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Continuous Fiber Reinforcing Materials" (1997), Japan Society of Civil Engineers, Tokyo, Japan, 325 pp.

## PARTIE 1 GÉNÉRAL

### 1.1 INCLUS DANS CETTE SECTION

A. Barres d'armature de polymère renforcée de fibre de verre (PRF) pour le renforcement du béton.

### 1.2 SECTIONS CONNEXES

Notes du spécifiant: Éditer la liste suivante selon les besoins du projet. Faire la liste des autres sections directement reliées à l'utilisation des barres PRF.

- A. Section 03300 – Béton coulé sur place.
- B. Section 03400 – Béton pré-moulé.

### 1.3 RÉFÉRENCES

Notes du spécifiant: Faire la liste des standards référencés dans cette section, complète avec les désignations et titres. Cet article n'a pas à être en conformité avec les standards, mais est seulement la liste de ceux utilisés.

- A. ACI 117 - Spécifications des tolérances pour les constructions en béton et matériaux.
- B. Mise en place des barres d'armatures.

### 1.4 EXIGENCES DE CONCEPTION

Notes du spécifiant: Consulter les références de conception mentionnées ci-haut pour les recommandations de conception structurale avec les barres PRF **V-ROD™**. Consulter aussi Pultrail Inc. pour les mises à jour par la recherche et développement des produits et matériaux.

- A. Ne pas remplacer les barres d'armature en acier par des barres d'armature PRF sur la même base de surface, étant donné les différences de propriétés de ces matériaux.
- B. Concevoir spécifiquement les pièces de béton armé pour les barres PRF, en tenant compte des propriétés du matériel et les effets sur la force, la déviation et la largeur des fissures.
- C. Dans la plupart des cas, la déviation contrôlera la conception des structures de béton armé avec les barres d'armature PRF basé sur la valeur du module d'élasticité des barres PRF.
- D. Dans la plupart des cas, le béton armé avec les barres d'armature PRF peut être conçu selon la « Méthode de conception ultime » ou la « méthode de contrainte au travail » (méthode de conception alternative). Dans le cas de la « méthode de contrainte au travail », la contrainte au travail des barres PRF doit être limitée à un maximum de 25 % de la force de conception garantie.

### 1.5 SOUMISSIONS

- A. Se conformer à la section 01330 – Procédures de soumissions.
- B. Données sur le produit: Soumettre les données du fabricant sur le produit, incluant les propriétés matérielles et mécaniques.
- C. Rapport d'analyse: Soumettre les rapports d'analyse certifiés du fabricant pour les analyses de contrôle de la qualité à la source et pour les propriétés matérielles et mécaniques effectuées par un organisme d'analyse indépendant.

1. Mesure de chaque barre.
2. Chaque type de fibre d'armature spécifiée.
3. Chaque type de matrice de résine spécifiée.

## 1.6 ASSURANCE DE QUALITÉ

Notes du spécifiant: Décrire les exigences en vue d'une réunion pour coordonner la mise en place des barres PRF et du béton.

A. Réunion préliminaire à la mise en place : convoquer une réunion préliminaire à la mise en place [2] [ \_\_\_\_\_ ] semaines avant le début de la mise en place des barres PRF. Exiger la présence des parties directement affectées par le travail de cette section, incluant entrepreneur, ingénieur, sous-contractant en béton et le représentant du manufacturier des barres PRF. Revoir la mise en place des barres PRF et la coordination avec les autres travaux.

## 1.7 LIVRAISON, ENTREPOSAGE ET MANUTENTION

Notes du spécifiant: Les barres PRF **V-ROD™** sont faites d'une matrice de résine synthétique les rendant sujette au dommage de surface. Par conséquent, une attention doit être portée lors de la livraison, de l'entreposage, de la manutention et de la mise en place de ces barres.

A. Général: Livrer, entreposer et manipuler les barres PRF selon les instructions du manufacturier pour prévenir les dommages.

B. Entreposage:

1. Ne pas entreposer les barres PRF directement sur le sol. Placer les barres sur des palettes de bois pour les éloigner de la poussière et de la boue et pour faciliter la manutention.
2. Entreposer les barres PRF sous couvert pour éviter l'exposition aux rayons directs du soleil et aux produits chimiques.

Notes du spécifiant: Les barres PRF **V-ROD™** sont légères et flexibles. Soulever les ballots de barres PRF prudemment. Utiliser des barres d'extension lors du levage de façon à ce que les barres PRF ne courbent pas de façon excessive et qu'elles puissent être manipulées facilement.

C. Manutention: Utiliser des barres d'extension lors du levage des ballots de barres PRF.

## PARTIE 2 PRODUITS

**2.1 MANUFACTURIER :** Pultrall Inc., 700 9e rue nord, Thetford-Mines, Quebec, Canada, G6G 6Z5. Téléphone (418) 335-3202. Fax (418) 335-5117. Courriel [marca.drouin@pultrall.com](mailto:marca.drouin@pultrall.com) ou [bernard.drouin@pultrall.com](mailto:bernard.drouin@pultrall.com). Site internet <http://www.pultrall.com> .

### 2.2 BARRES D'ARMATURE POLYMÈRE RENFORCÉES DE FIBRE DE VERRE (PRF) POUR LE RENFORCEMENT DU BÉTON

- A. Barres d'armature de polymère renforcée de fibre de verre (PRF) : Les barres d'armature PRF **V-ROD™** pour le renforcement du béton. La surface des barres PRF est enduite d'une couche de sable qui prévient le mouvement longitudinal par rapport au béton.
- B. Matériel liant: Le matériel liant est composé de résine de vinyle ester modifiée avec une fraction volumique maximum de 35 %.
- Fibre de renforcement: Fibre de verre E continue avec une fraction volumique minimum de 65%.

Notes du spécifiant: Les barres d'armature PRF **V-ROD™** sont présentement disponibles en sept tailles standards (des barres plus larges sont disponibles sur demande). Elles sont :

V-ROD / G # 2 / 114-6681 / xxxxxx / yyyy  
 V-ROD / G # 3 / 111-6580 / xxxxxx / yyyy  
 V-ROD / G # 4 / 103-6710 / xxxxxx / yyyy  
 V-ROD / G # 5 / 99-6986 / xxxxxx / yyyy  
 V-ROD / G # 6 / 95-6899 / xxxxxx / yyyy  
 V-ROD / G # 7 / 91-6725 / xxxxxx / yyyy  
 V-ROD / G # 8 / 87-7522 / xxxxxx / yyyy

**2.3 IDENTIFICATION DES BARRES:** Les barres d'armature PRF doivent être marquées d'un code d'identification.

Symbole du produit (a)	Type de fibre (b)	Dimension de la barre (c)	Calibre (d) KSI	Module d'élasticité (e) KSI	Numéro de lot (f)	Longueur de la barre (g)
V-ROD	G	# 4	103	6710	xxxxxx	yyyy

- a. Symbole de la compagnie: **V-ROD™** de Pultrall Inc.
- b. Type de fibre: Symbole identifiant le type de fibre (i.e., G pour verre, C pour carbone, A pour aramide ou H pour hybride).
- c. Dimension de la barre: Nombre correspondant au diamètre de la barre en huitième de pouce.
- d. Calibre: Symbole correspondant au calibre des barres d'armature correspondant à la force de conception garantie minimale par unité de mille livres au pouce carré. (i.e., 100 = 100 000 psi).
- e. Module d'élasticité: Nombre correspondant au module de la barre en unité de mille livres au pouce carré (i.e., 6000 ksi = 6 000 000 psi).
- f. Numéro de lot: Numéro de lot identifiant la date de fabrication et le numéro du lot pour fin de référence et d'historique.

**2.4 DIMENSIONS:**

Diamètre nominal et surface sectionnelle

DIM. US	Diamètre nominal (pouces)	Surface (po <sup>2</sup> )	Poids (lb/pi)	Dim. Métrique	Diamètre nominal (mm)	Surface (mm <sup>2</sup> )	Poids (g/m)
#2	0.250	0.049	0.052	#6	6.350	31.7	77.4
#3	0.375	0.110	0.113	#10	9.525	71.3	168.1
#4	0.500	0.196	0.182	#13	12.700	126.7	270.8
#5	0.625	0.307	0.286	#16	15.875	197.9	425.5
#6	0.750	0.442	0.413	#19	19.050	285.0	614.5
#7	0.875	0.601	0.561	#22	22.225	388.0	834.7
#8	1.000	0.785	0.733	#25	25.400	506.7	1090.6

Notes du spécifiant: Analysé selon les standards développés par ACI; consulter Pultrall Inc ou ACI pour une description complète des procédures d'analyse.

## 2.5 PROPRIÉTÉS EN TENSION (VERRE)

Dim. de barre		Module d'élasticité en tension		Résistance ultime en tension		Résistance ultime garantie en tension		Résistance au cisaillement		Élongation ultime en tension	Coefficient de Poisson
		$E_T$		$F_u$		$f_{tu}$		$F_s$			
mm	in	Gpa	Msi	Mpa	Ksi	Mpa	Ksi	Mpa	Ksi	%	$\mu$
#6	#2	46.1	6.68	874	127	784	114	225	32.6	1.90	0.25
#10	#3	45.4	6.58	856	124	765	111	183	26.5	1.89	0.21
#13	#4	46.3	6.71	786	114	708	103	212	30.7	1.70	0.26
#16	#5	48.2	6.99	751	109	683	99	195	28.3	1.56	0.25
#19	#6	47.6	6.90	728	106	656	95	200	29.0	1.53	0.25
#22	#7	46.4	6.73	693	100	625	91	203	29.4	1.49	0.25
#25	#8	51.9	7.52	675	98	597	87	203	29.4	1.30	0.28

Notes du spécifiant: Les barres d'armatures PRF **V-ROD™** sont fabriquées de résine durcie à la chaleur. Il est impossible de courber les barres sur place. Consulter Pultrall Inc pour une description complète des procédures d'analyse.

## 2.6 COURBURE EN USINE:

- Les barres courbes doivent être fabriquées par Pultrall. Le rayon de courbe intérieur standard = 4x le diamètre de la barre.
- Force en tension d'une courbe de 90 degrés: Correspond à approximativement 40% de la résistance ultime garantie en tension d'une barre droite.

Dim. US	Diamètre nominal (pouces)	Courbe de 90 et 180 Degrés Rayon de courbe intérieur (pouces)	Dim. métrique	Diamètre nominal mm	Courbe de 90 et 180 Degrés Rayon de courbe intérieur (mm)
#2	0.250	1.0	#6	6.35	25
#3	0.375	1.5	#10	9.53	38
#4	0.500	2.0	#13	12.70	51
#5	0.625	2.5	#16	15.88	64
#6	0.750	3.0	#19	19.05	76
#7	0.875	3.5	#22	22.23	89
#8	1.000	4.0	#25	25.40	102

Notes du spécifiant: Consulter Pultrall pour une description complète des procédures d'analyse ou pour plus de détail sur le coefficient d'expansion thermique des barres d'armature PRF **V-ROD™**.

## 2.7 COEFFICIENT D'EXPANSION THERMIQUE :

Dimension des barres	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
Direction longitudinale $aT \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$	5.9	5.5	5.5	6.4	6.0	6.0	6.1
Direction longitudinale $aT \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{F}$	3.2	3.0	3.0	3.5	3.3	3.3	3.4
Direction transversale $aT \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$			29.5	29.1		23.4	23.2
Direction transversale $aT \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{F}$			16.4	16.2		13	12.9

Notes du spécifiant: Consulter Pultrall pour une description complète des procédures d'analyse ou voir le Bulletin résumé d'analyse pour plus de détails sur la force d'adhérence des barres d'armature PRF V-ROD™.

## 2.7 FACTEUR D'ADHÉRENCE ET LONGUEUR DE DÉVELOPPEMENT: (ACI 440.1R-06 Clause 11.3)

Le facteur d'adhérence,  $K_b = 0.8$

Dim. US	Diamètre nominal, $P_o$	Longueur de développement, $p_o$	Dim. métrique	Diamètre nominal, mm	Longueur de développement, mm
#2	0.250	12.15	#6	6.35	309
#3	0.375	16.57	#10	9.5	421
#4	0.500	19.49	#13	12.7	495
#5	0.625	23.59	#16	15.9	599
#6	0.750	25.24	#19	19.0	641
#7	0.875	26.82	#22	22.2	681
#8	1.000	28.90	#25	25.0	734

Un chevauchement minimum de 40 diamètres est requis.

Notes du spécifiant: L'analyse de durabilité des barres d'armature PRF V-ROD™ a été effectuée par plusieurs centres de recherche universitaires à travers le monde, couvrant une grande variété de conditions environnementales et de conditions d'évaluation. Contacter Pultrall avec une liste complète des conditions environnementales où vous planifiez utiliser les barres d'armature et un sommaire des analyses courantes pour ces environnements vous sera fourni.

## 2.9 DURABILITÉ:

Effet de solution alcaline (pH 13.5) sur les propriétés de force en tension des barres d'armature V-ROD™ à 60 degrés C

Durée dans une solution pH 13.5 à 60 Degrés C	Charge max. Moyenne (kN)	Contrainte max. moyenne (MPa)	Rigidité de déplacement moyenne (N/mm) **	Dim. moyenne totale de la contrainte max. (%)	Dim. moyenne totale de la rigidité de déplacement (%)
Contrôle (non-conditionné)	133	717	6215	-	-
78 jours (approx. 11 semaines)	123	668	5880	7	5
118 jours (approx. 17 semaines)	110	595	6207	17	0
(approx. 25 semaines)	92	495	6329	26	-8

\*\* La rigidité de déplacement a été calculée en déterminant la meilleure section linéaire de la charge vs. les graphiques d'élongation – non à partir des valeurs maximales

## 2.10 CONTRÔLE DE QUALITÉ À L'USINE

Analyse du contrôle de qualité : Le contrôle de la qualité doit être effectué selon les exigences d'une usine certifiée ISO 9001 en analysant les barres PRF avant l'utilisation pour assurer les performances requises. Les rapports d'analyses faites par une agence d'analyse indépendante peuvent être utilisés lorsque disponibles. Effectuer les analyses de contrôle de la qualité suivantes selon les méthodes d'analyse standards (disponibles chez Pultrall ou ACI) :

- A. Force en tension, module d'élasticité en tension et contrainte maximum.
- B. Force en tension des barres courbées.
- C. Résistance à la fatigue.
- D. Force d'adhérence.
- E. Durabilité en milieu alcalin.

Le contrôle de qualité à l'usine est effectué selon le procédé de contrôle statistique du procédé pour la résistance ultime en tension, du module d'élasticité, du pourcentage de polymérisation, du contenu massique ou volumique en verre (renfort) et du poids linéaire.

## PARTIE 3 EXÉCUTION

### 3.1 INSPECTION

A. Inspecter l'endroit devant recevoir les barres d'armature PRF. Aviser l'ingénieur si l'endroit n'est pas acceptable. Ne pas débiter la mise en place des barres PRF avant que les conditions inacceptables ne soient corrigées.

Notes du spécifiant: La mise en place des barres d'armature PRF se fait de façon similaire aux barres d'armature d'acier non enduite, et les pratiques communes doivent être suivies sauf pour les exceptions clés, tel que mentionnées ci-après.

### 3.2 MISE EN PLACE

- A. Placer les barres PRF selon la "Mise en place des barres d'armature" à moins que spécifié autrement.
- B. Placer les barres PRF avec précision selon les plans de mise en place approuvés, les dessins, les échéanciers, les détails typiques et les notes.
- C. Coupe sur le chantier :
  - 1. Sur le chantier, couper les barres PRF en utilisant une scie à haute vitesse. Ne pas cisailer les barres.

Notes du spécifiant: Les barres d'armature PRF **V-ROD™** sont faites de résine thermodurcissable. Le pliage doit être fait avant le durcissement de la résine contenue dans les barres. Aucun pliage ou altération n'est possible sur le chantier.

- D. Pliage sur le chantier: Ne pas plier les barres PRF sur le chantier.
- E. Fixation: Fixer les barres PRF aux formes pour prévenir le déplacement par le coulage du béton ou par les ouvriers.
- F. Supports: Placer les barres PRF avec précision et les supporter en utilisant des chaises non corrosives ou en plastique avant le début du coulage. Les barres PRF doivent être supportées à environ le 2/3 de la distance normalement utilisée pour les barres d'acier, étant donné que les barres PRF sont beaucoup plus flexibles.
- G. Attache: Attacher les barres PRF avec des attaches de métal recouverte, des attaches d'acier inoxydable ou des attaches de nylon.
- H. Attache de formes: Utiliser des attaches de formes de plastique ou de nylon.

Notes du spécifiant: Des recherches sont présentement en cours sur l'utilisation des gaines remplies de coulis ou des gaines remplies de résine similaire aux gaines utilisées comme enture mécanique. L'ingénieur doit approuver l'utilisation de ces gaines.

- I. Enture: Utiliser les entures par chevauchement lorsque la continuité est requise dans le renforcement. Ne pas utiliser de connections mécaniques ou des entures soudées.
- J. Tolérances: Ne pas dépasser les tolérances de mise en place spécifiées au ACI 117
- K. Nettoyage: Enlever l'huile provenant des formes en essuyant les barres PRF avec un solvant avant de couler le ciment.

## Technical data sheet straight Carbon V-rod

		#2 CFRP	#3 CFRP	#4 CFRP
		V-rod	V-rod	V-rod
Tensile strength	MPa	1518	1596	1899
	ksi	220,15	231,3	275,4
Guaranted design tens str	MPa	1355,5	1431	1765
	ksi	196,7	207,4	256,0
Tensile modulus	GPa	127	120	144
	ksi	18405,5	17391	20885
Tensile strain	%	1,215	1,33	1,32
Poisson's ratio		0,285	0,3	
Bond stress	MPa	16,25	16,5	
	psi	0		
Bond dependant coefficient		1	1	
Long coeff thermal exp	xE-6/C	-2,25	-2,5	
	xE-6/F	-1,4	-1,4	
Trans coeff thermal exp	xE-6/C	38	38	
	xE-6/F	21	21	
Cross-sectional area	(mm <sup>2</sup> )	31,67	71,26	



Technical data sheet V-rod stirrups

		#3 GFRP	#4 GFPR	#5 GFRP	#6 GFRP	#8 GFRP	#3 CFRP	#4 CFRP
		V-rod						
Reduced tensile strength	MPa		637					460±53
	ksi							
Tensile strength (straight)	MPa							1185±65
	ksi							
Guaranted design tens str	MPa							
	ksi							
Allowable tensile strength	MPa							
	ksi							
Tensile modulus (straight)	GPa							109±2
	ksi							
Tensile modulus	GPa							
	ksi							
Tensile strain	%							
Ultimate strain (bent)	µε							8660±362
Poisson's ratio								
Development length	mm							
	in							
Compressive strength		MPa						
		ksi						
Compressive modulus	GPa							
	ksi							
Compressive strain	%							
Poisson's ration								
Flexural strength		MPa						
		ksi						
Flexural modulus	GPa							
	ksi							
Flexural strain	%							
Shear strength		MPa						
		ksi						
Bond stress	MPa							
	psi							
Bond dependant coefficient								
Long coeff thermal exp	xE-6/C							
	xE-6/F							
Trans coeff thermal exp	xE-6/C							
	xE-6/F							
Moisture absorption	%							



**La solution à la corrosion.**

# V•ROD

Barre d'armature composite  
pour structures en béton

Sécurité accrue.  
Coût de vie utile réduit.



**PULTRALL**

  
American Concrete Institute®

  
ISO 9001:2000  
FM 516533



## L'évolution la plus remarquable depuis la naissance du béton armé

L'utilisation du béton armé est incontournable dans la construction d'édifices et de structures. Toutefois, l'armature en acier occasionne de coûteux problèmes, tant en logistique qu'en durée de vie utile.

Enfin, grâce à V•ROD, les constructeurs et les propriétaires de structures profitent d'une évolution majeure de la technologie du béton armé, ce qui se traduit par :

- des structures plus sécuritaires
- une corrosion inexistante
- un coût de vie utile de 15% à 30% moindre

Les avantages de la barre V•ROD sont confirmés par des années de tests et de réalisations dans les conditions les plus exigeantes. Désormais, les limitations ne sont plus celles de l'armature, mais celles du béton.



## Plus d'avantages, moins d'inconvénients et même logique de travail

La technologie du béton armé fait face au problème de dégradation inquiétante des structures en raison de la corrosion des barres d'acier d'armature. En Amérique du Nord, le coût de réparation des structures existantes est estimé à près de 300 milliards de dollars.

Plusieurs avenues sont explorées, notamment l'utilisation de barres d'acier recouvertes d'époxy ou en acier galvanisé. Or, les résultats s'avèrent décevants en raison du peu d'efficacité de ces solutions.

Les barres d'armature de polymères renforcés de fibres (PRF) s'avèrent la solution. Légères, performantes mécaniquement, résistantes à la corrosion et offrant une excellente résistance en traction, les barres d'armature V•ROD s'installent de façon similaire aux barres d'acier, mais avec moins d'inconvénients de manipulation et d'entreposage.

## V•ROD place la barre haute

Avec la barre V•ROD, les concepteurs, les constructeurs et les propriétaires de structures bénéficient notamment des avantages suivants :

### Résistance à la corrosion

La barre V•ROD ne rouille pas même en environnement agressif. Elle est sans réaction aux particules de sel, aux produits chimiques et à l'alcalinité du béton.

### Résistance supérieure à la traction

La barre V•ROD obtenue par pultrusion offre une résistance à la traction jusqu'à deux fois supérieure à l'acier.

### Dilatation thermique

Dû à sa composition faite à 80 % de silice, la barre V•ROD présente une dilatation thermique compatible à celle du béton.

### Neutralité électrique et magnétique

La barre V•ROD ne contient aucun métal; elle ne cause aucune interférence en présence de champs magnétiques élevés ou dans l'opération d'instruments électroniques sensibles.

### Isolateur thermique

La barre V•ROD ne crée pas de pont thermique dans les structures.

### Légèreté

La barre V•ROD est 4 fois plus légère qu'une barre d'acier. Sa manipulation s'en trouve grandement facilitée. Dans la majorité des cas, un seul voyage suffit pour transporter l'armature d'un projet.

### Gestion simplifiée sur le chantier

La barre V•ROD est livrée au moment précis et en quantité exacte selon les besoins du chantier. Différentes spécifications telles la longueur, l'angle ou la courbe de sections spéciales sont préparées en usine.



◀ Après une durée de vie similaire, la corrosion de la barre d'acier oxydée a dégradé le béton qui l'entoure alors que la barre V•ROD est intacte dans un béton sain.

## Des avantages sur tous les terrains

Il est désormais établi avec preuves à l'appui que la barre V•ROD constitue une solution avantageuse dans une foule d'applications du béton armé. De plus, il est possible d'intégrer à une telle armature des capteurs à fibre optique (fiber bragg gratings) permettant entre autre le monitoring à distance en temps réel de l'état de la structure.

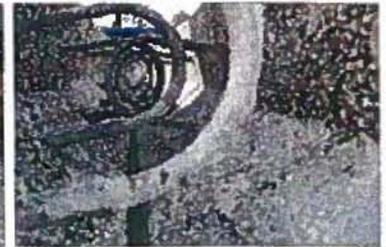
Les ingénieurs ont désormais standardisé le produit et son utilisation, ce qui permet de valider leur qualité.



*Parapet*



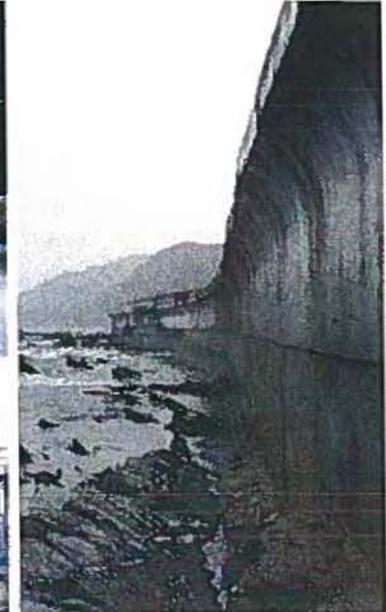
*Coulée des dalles*



*Prémoulage*



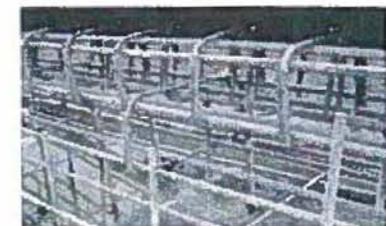
*Pont et viaduc*



*Mur marin*



*Aluminerie*

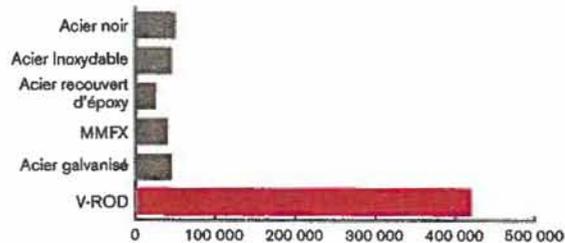


*Ancrage marin*



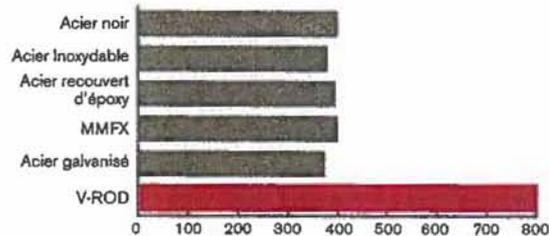
## Lorsque sécurité et économies vont de pair

### Résistance à la fatigue (cycles)

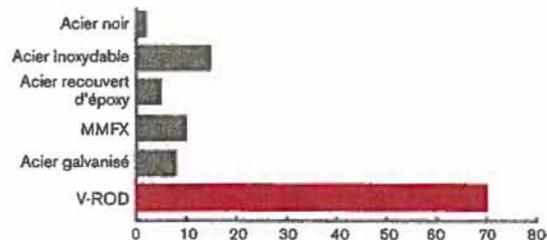


Adimi, M.R., Rahman, A.H., and Benmokrane, B. 2000

### Résistance à la traction (Mpa)

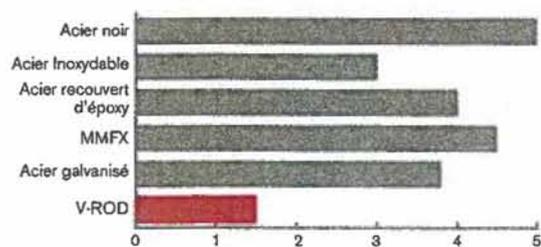


### Résistance à la corrosion (% résiduelle de la résistance en traction)



Nemkumar Benthia, UBC, M. Boulfiza, U. Saskatchewan. 2004

### Coût de vie utile pour 100 ans (coût relatif)



Gordon Spark, U. Manitoba, ISIS Canada. 2005

L'utilisation de la barre V•ROD procure des économies très significatives tout en procurant une sécurité accrue pour les utilisateurs.

### Économies sur le coût de vie utile

- Sur le plan de la valeur actualisée pour l'ensemble des coûts de maintenance et de démolition, la technologie utilisant les barres V•ROD s'avère de 45 à 60 % plus économique.
- Globalement, sur la valeur actualisée du coût de cycle de vie, une technologie d'armature de barres V•ROD permettra des économies de l'ordre de 15 à 25 %.
- Si on ajoute certains facteurs d'incertitudes comme le recouvrement fragile d'époxy qui risque de décoller au moindre impact des barres lors de la pose, les économies favorables au PRFV passent de 15 à 30 %.

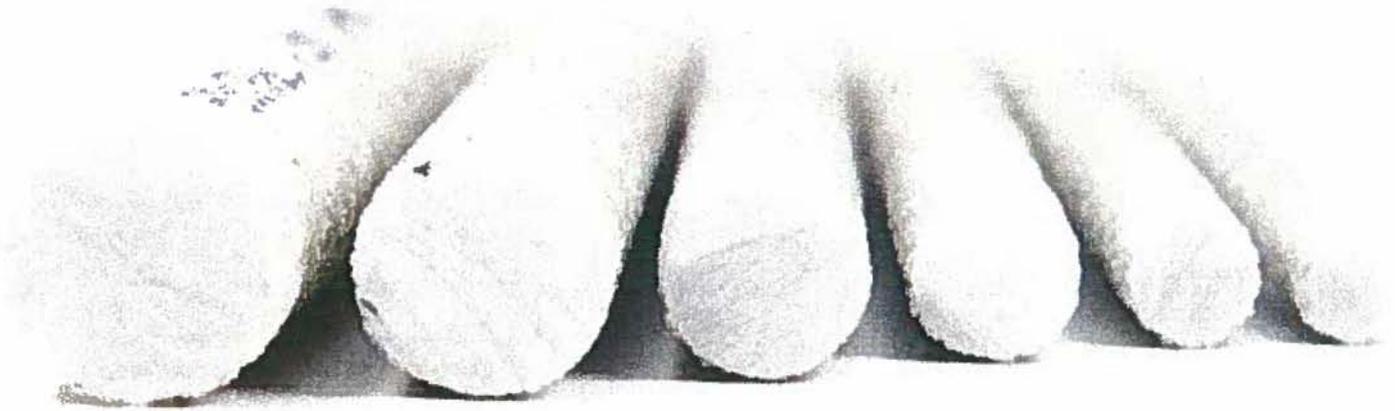
### Économies de réalisation

- La barre V•ROD permet d'éliminer les coûts relatifs à l'utilisation d'une membrane étanche.
- Il est possible d'utiliser un béton conventionnel plutôt qu'un béton à faible perméabilité avec inhibiteurs de corrosion ajoutés.
- Le poids réduit permet de manipuler plus de barres simultanément et de diminuer le temps de pose.

### Sécurité accrue pour les propriétaires et pour les utilisateurs

- La barre V•ROD est manufacturée conformément à des normes établies et approuvées par ISIS Canada et sous approbation CSA.
- Un devis standard est maintenant à la disposition des firmes d'ingénieurs pour le contrôle de qualité de leurs œuvres incluant la vérification sur le chantier par un laboratoire indépendant.
- Les méthodes d'installations ont été standardisées avec celles de l'acier dans le béton.





## D'avenir et de confiance

Solution d'avenir, la barre V•ROD est aussi une solution de confiance comme en fait foi sa qualification et présence dans les codes de construction des ponts et bâtiments CSA ainsi que son adoption selon leurs propres standards par les autorités de nombreuses provinces canadiennes, d'états américains et de métropoles nord-américaines.

Les méthodes de conception des œuvres ont été développées grâce à une grande quantité de projets pilotes réalisés en collaboration avec les meilleurs experts québécois et canadiens sous le contrôle de ISIS Canada avec l'implication de chercheurs réputés comme M. Brahim Benmokrane, ing. Ph.D.

## Pultrall, spécialiste de la pultrusion

Pultrall se consacre à la fabrication de produits composites en utilisant des processus de pultrusion et de moulage par compression (sheet moulding compound). Nous visons avec passion à développer, à manufacturer et à mettre en marché des profilés en composites faits à partir du procédé de pultrusion de façon innovatrice, compétitive et rentable en travaillant au succès de nos clients, employés et fournisseurs dans le respect de l'environnement.

## Informez-vous à la source

Évaluez les réels avantages de la barre V•ROD pour votre projet avec des données précises et complètes. Pour toute information, notamment les données *white paper*, communiquez avec nous.



700, 9<sup>e</sup> Rue Nord  
Thetford Mines (Québec)  
G6G 6Z5 CANADA  
Tél. : 418-335-3202 Téléc. : 418-335-5117  
marca.drouin@pultrall.com  
[www.pultrall.com](http://www.pultrall.com)