



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 Pultrall 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 manufacturier sur le produit, incluant les propriétés matérielles et mécaniques.
- C. Rapport d'analyse: Soumettre les rapports d'analyse certifiés du manufacturier 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 fabricant 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 fabricant 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 ou 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

- Symbole de la compagnie: **V-ROD™** de Pultrall Inc.
- Type de fibre: Symbole identifiant le type de fibre (i.e., G pour verre, C pour carbone, A pour aramide ou H pour hybride).
- Dimension de la barre: Nombre correspondant au diamètre de la barre en huitième de pouce.
- 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).
- 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).
- 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 ²)	Poids (lb/pi)	Dim. Métrique	Diamètre nominal (mm)	Surface (mm ²)	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	%	μ
#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 $aT \cdot 10^{-6} / ^\circ C$	5.9	5.5	5.5	6.4	6.0	6.0	6.1
Direction longitudinale $aT \cdot 10^{-6} / ^\circ F$	3.2	3.0	3.0	3.5	3.3	3.3	3.4
Direction transversale $aT \cdot 10^{-6} / ^\circ C$			29.5	29.1		23.4	23.2
Direction transversale $aT \cdot 10^{-6} / ^\circ F$			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, Po	Longueur de développement, po	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 attachés 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.