

DOCUMENTS D'APPEL D'OFFRES

SOUS-SECTION 6.36 PRÉCONTRAITE

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
SOUS-SECTION 6.36 PRÉCONTRAÎTE	1
6.36.1 GÉNÉRALITÉS	1
6.36.2 NORMES DE RÉFÉRENCE	1
6.36.3 MATÉRIAUX.....	2
6.36.4 FABRICATION DE POUTRES EN BÉTON PRÉCONTRAIT	3
6.36.5 RENFORCEMENT DE POUTRES PRÉCONTRAITES PAR L'AJOUT DE POST-TENSION EXTÉRIEURE.....	5

SOUS-SECTION 6.36 PRÉCONTRAİNTE

6.36.1 GÉNÉRALITÉS

- 6.36.1.1 La présente sous-section précise les exigences relatives à la fabrication de poutres précontraintes ainsi qu'aux travaux de renforcement de poutres précontraintes par l'ajout de post-tension.
- 6.36.1.2 Les exigences particulières, le cas échéant, concernant les travaux de fabrication et de renforcement de poutres précontraintes prévus au présent Contrat sont données à la Section 4 *Conditions techniques particulières*.
- 6.36.1.3 Les exigences relatives aux travaux de démolition sont décrites à la sous-section 6.21 *Démolition et enlèvement*.
- 6.36.1.4 Les exigences relatives aux travaux d'acier d'armature sont décrites à la sous-section 6.31 *Armatures pour le béton*.
- 6.36.1.5 Les exigences relatives aux travaux de coffrages sont décrites à la sous-section 6.32 *Coffrages*.
- 6.36.1.6 Les exigences relatives aux travaux de bétonnage sont décrites à la sous-section 6.33 *Béton coulé en place*.
- 6.36.1.7 Les exigences relatives aux travaux d'imperméabilisation sont décrites à la sous-section 6.37 *Matériaux divers pour travaux de béton*

6.36.2 NORMES DE RÉFÉRENCE

- 6.36.2.1 Tous les travaux ayant trait à la précontrainte doivent être exécutés conformément à la norme CAN/CSA S6, aux recommandations formulées relativement au béton précontraint publiées par la *Canadian Precast/Prestressed Concrete Institute (CPCI)*, ainsi qu'aux recommandations préparées par l'ACI-ASCE « Joint Committee 423 ».
- 6.36.2.2 L'**Entrepreneur** doit exécuter tous les travaux de béton précontraint (par pré-tension ou par post-tension) conformément aux exigences des normes et documents suivants auxquels s'ajoutent les prescriptions du Contrat :
- 6.36.2.2.1 (ASTM) ASTM International :
- ASTM C109/C109M-07a *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*;
 - ASTM A307-07b *Standard Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60 000 PSI Tensile Strength*;

- ASTM A325-07a *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength*;
- ASTM A416/A416M-06 *Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete*;
- ASTM A421/A421M-05 *Standard Specification for Uncoated Stress-Relieved Steel Wire for Prestressed Concrete*;
- ASTM A722/A722M-07 *Standard Specification for Uncoated High-Strength Steel Bars for Prestressing Concrete*.

6.36.2.2.2 (ACNOR(CSA)) Association canadienne de normalisation :

- CAN/CSA-A23.1-F04/A23.2-F04 *Béton: Constituants et exécution des travaux/Méthodes d'essai et pratiques normalisées pour le béton*;
- CAN/CSA A23.4-F05 *Béton préfabriqué – Constituants et exécution des travaux*;
- CAN/CSA G40.20-F04/G40.21-F04 *Exigences générales relatives à l'acier de construction laminé ou soudé/Acier de construction* ;
- CAN/CSA-G164-M92 (R2003) *Hot Dip Galvanizing of Irregularly Shaped Articles*;
- CAN/CSA S6-F06 *Code canadien sur le calcul des ponts routiers*;
- CAN/CSA W59-F03 *Construction soudée en acier (soudage à l'arc)*.

6.36.2.2.3 (MTQ) Ministère des Transports du Québec :

- MTQ – *Cahier des charges et devis généraux (CCDG)*.

6.36.3 MATÉRIAUX

6.36.3.1 L'**Entrepreneur** est responsable du choix des produits utilisés et de leur performance une fois mis en place.

6.36.3.2 Le **Propriétaire** peut refuser tous les matériaux qui n'ont pas rencontré les exigences techniques sur des projets antérieurs du même type.

6.36.3.3 L'**Entrepreneur** ne peut apporter les modifications aux matériaux ou aux détails de construction qu'il estime nécessaires ou souhaitables sans obtenir au préalable l'autorisation écrite de l'Ingénieur.

6.36.3.4 Tous les matériaux doivent être neufs, exempts de toute saleté, rouille, huile, graisse ou autre matière nuisible, et ce, à toutes les étapes des travaux.

6.36.3.5 ARMATURE DE PRÉCONTRAINTÉ

6.36.3.5.1 À moins d'indication contraire aux dessins ou aux *Conditions techniques particulières*, l'armature de précontrainte utilisée doit être des torons à basse relaxation de grade 1860 MPa qui doivent rencontrer les exigences des normes ASTM A416/A416M et ASTM A421/A421M.

- 6.36.3.5.2 Tous les câbles de précontraintes de chaque livraison du fournisseur au chantier ou en usine doivent avoir un numéro de lot individuel et porter une étiquette de façon à pouvoir identifier avec précision chaque lot ainsi que la date de livraison. Tout acier reçu sans être identifié sera rejeté.

6.36.4 FABRICATION DE POUTRES EN BÉTON PRÉCONTRAIT

6.36.4.1 EXÉCUTION DES TRAVAUX

6.36.4.1.1 Fabrication des poutres

- 6.36.4.1.1.1 L'**Entrepreneur** ou son sous-traitant doit disposer d'une usine de béton précontraint reconnue qui comprend un bâtiment permanent dans lequel des éléments structuraux en béton précontraint sont fabriquées au moyen d'équipements installés à demeure. La température ambiante à l'intérieur du bâtiment doit être maintenue à au moins 10°C.
- 6.36.4.1.1.2 Les poutres en béton précontraint doivent satisfaire les exigences des dessins et devis.
- 6.36.4.1.1.3 Les poutres préfabriquées en béton précontraint doivent être fabriquées en conformité avec les prescriptions de la norme CAN/CSA A23.4.
- 6.36.4.1.1.4 La longueur de chaque poutre indiquée sur les dessins doit être vérifiée sur le site par l'**Entrepreneur** avant d'entreprendre la fabrication des poutres.
- 6.36.4.1.1.5 Dans le cas où les nouvelles poutres sont destinées à remplacer des poutres existantes, l'**Entrepreneur** doit vérifier sur place le profil actuel des poutres à remplacer ainsi que le profil des poutres adjacentes, afin de déterminer la cambrure à donner aux nouvelles poutres.
- 6.36.4.1.1.6 La cambrure de chaque nouvelle poutre doit être établie de façon à ce qu'une fois en place, et sous l'effet de la précontrainte, de son propre poids et du poids de la dalle de béton du tablier, le profil de la poutre soit identique à celui des poutres adjacentes.
- 6.36.4.1.1.7 L'**Entrepreneur** doit tenir compte du rétrécissement dû au séchage et autres effets dus à la précontrainte lors de la détermination de la longueur initiale requise pour les poutres afin que leur longueur finale soit conforme aux longueurs mesurées sur le site.
- 6.36.4.1.1.8 Les poutres doivent comporter au moins deux (2) éléments ou dispositifs de levage intégrés au béton, au moins un à chaque extrémité de chaque poutre servant de points de levage afin de permettre leur manipulation.
- 6.36.4.1.1.9 Pour les étapes importantes de la fabrication telles que la mise en tension des torons ou des câbles et le bétonnage, l'**Entrepreneur** ne peut passer à une étape subséquente de la fabrication avant que les rapports nécessaires d'inspection et d'essai et autres documents requis n'aient été reçus, vérifiés et acceptés par l'Ingénieur.

- 6.36.4.1.1.10 Les extrémités des poutres doivent être clairement marquées du numéro d'identification mentionné sur les dessins d'atelier. Ce numéro doit être inscrit aux bouts des poutres.
- 6.36.4.1.1.11 Le bétonnage et le mûrissement des poutres doivent être conformes aux exigences de la norme CAN/CSA A23.1 et à l'exigence suivante :
- 6.36.4.1.1.11.1 la température ambiante doit être maintenue à au moins 10 °C à partir du début du bétonnage.
- 6.36.4.1.1.12 Les exigences concernant les tolérances dimensionnelles sont celles de l'article 15.6.4.4.5 *Tolérances dimensionnelles* du CCDG.
- 6.36.4.1.1.13 Les exigences concernant la correction et le fini des surfaces sont spécifiées à l'article 15.6.4.4.6 *Correction et fini des surfaces* du CCDG.
- 6.36.4.1.1.14 Les exigences concernant les torons défectueux sont spécifiées à l'article 15.6.4.4.3 *Armature et torons* du CCDG.
- 6.36.4.1.1.15 La manutention et l'entreposage des poutres doivent être effectués selon les exigences de l'article 15.6.4.5 *Manutention et entreposage* du CCDG.
- 6.36.4.1.2 Imperméabilisation des poutres
- 6.36.4.1.2.1 Une fois la cure du béton complétée, l'**Entrepreneur** doit appliquer sur toutes les surfaces des poutres deux (2) couches de scellant pénétrant (siloxane) conformes aux exigences de la sous-section 6.37 *Produits divers pour travaux de béton* du présent devis, en suivant les instructions du fabricant.
- 6.36.4.2 MANUTENTION ET ENTREPOSAGE
- 6.36.4.2.1 La manutention et l'entreposage des poutres doivent répondre aux exigences de l'article 15.6.4.5 *Manutention et entreposage* du CCDG.
- 6.36.4.2.2 Les tourets de torons doivent être entreposés de manière à les protéger de l'humidité ou de toute source de dégradation potentielle à proximité.
- 6.36.4.2.3 Les poutres doivent être entreposées de façon à prévenir toute déformation et tout dommage ainsi que toute altération aux produits imperméabilisants.
- 6.36.4.2.4 Dans les sept (7) jours suivant l'adjudication du Contrat, l'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur, le détail des précautions et exigences en rapport avec la manutention et le transport des poutres fabriquées en vertu du présent Contrat.
- 6.36.4.2.5 L'**Entrepreneur** doit livrer les poutres préfabriquées à l'endroit désignée par le **Propriétaire** aux dessins et aux *Conditions techniques particulières*, sur un terrain du **Propriétaire** situé dans la région métropolitaine de Montréal, Québec.

6.36.4.3 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

6.36.4.3.1 En plus du processus de contrôle de la qualité à être appliqué par l'**Entrepreneur**, la fabrication des poutres et la mise en tension des torons sera également vérifiée par une firme externe retenue par le **Propriétaire**. Le **Propriétaire** assumera les frais de ces vérifications indépendantes. L'**Entrepreneur** doit collaborer avec la firme retenue par le **Propriétaire** afin de faciliter les travaux de surveillance.

6.36.4.3.2 L'**Entrepreneur** doit rapporter par écrit à l'Ingénieur tout défaut dans la fabrication des poutres avant de prendre des mesures correctives. Ces dernières doivent être autorisées par l'Ingénieur.

6.36.4.3.3 L'**Entrepreneur** doit permettre et faciliter la vérification sur place par l'Ingénieur du **Propriétaire** de la mise en tension des torons, à défaut de quoi ces travaux seront considérés défectueux.

6.36.5 RENFORCEMENT DE POUTRES PRÉCONTRAINTES PAR L'AJOUT DE POST-TENSION EXTÉRIEURE

6.36.5.1 MATÉRIAUX

6.36.5.1.1 Barres en acier à haute résistance

6.36.5.1.1.1 À moins d'indication contraire aux dessins ou aux *Conditions techniques particulières*, pour les blocs d'ancrage, l'**Entrepreneur** doit utiliser des barres en acier à haute résistance neuves ayant une contrainte nominale de rupture de 1030 MPa, et conformes à la norme ASTM A722/A722M.

6.36.5.1.1.2 Chaque lot de barres en acier à haute résistance livré au chantier doit avoir un numéro de lot individuel et porter une étiquette de façon à pouvoir identifier avec précision chaque lot au chantier et sa date de livraison. Tout acier reçu au chantier sans être identifié sera rejeté.

6.36.5.1.2 Torons gainés-graissés

6.36.5.1.2.1 À moins d'indication contraire aux dessins ou aux *Conditions techniques particulières*, tous les torons de post-tension en acier doivent être des torons à basse relaxation de grade 1860 MPa, conformes aux normes ASTM A416/A416M, et ASTM A421/A421M.

6.36.5.1.2.2 Si les torons ne sont pas de provenance canadienne ou américaine, l'**Entrepreneur** doit fournir les preuves de conformité des propriétés physiques et chimiques par des essais effectués par un laboratoire canadien.

6.36.5.1.2.3 La composition des câbles de précontrainte (nombre de monotorons, diamètres, et nombre de fils) doit être telle que décrite aux dessins ou aux *Conditions techniques particulières*.

- 6.36.5.1.2.4 Tous les torons doivent être graissés et recouverts en usine d'une gaine individuelle en polypropylène.
- 6.36.5.1.2.5 L'**Entrepreneur** ne doit pas faire de joints ou d'épissures dans les torons.
- 6.36.5.1.3 Têtes d'ancrage, cônes d'ancrage et boîtiers d'isolation
- 6.36.5.1.3.1 Les têtes d'ancrage doivent être installées de façon à ce que l'acier post-tendu ne puisse subir de tortillement ou de bouclage, ni s'endommager de quelque autre façon.
- 6.36.5.1.3.2 Les cônes d'ancrage et les matériaux connexes, à chaque extrémité des câbles d'acier, doivent être du type recommandé par le fabricant des têtes d'ancrage et acceptés par l'Ingénieur.
- 6.36.5.1.3.3 L'**Entrepreneur** doit fournir et installer un boîtier d'isolation des câbles gainés-graissés à l'arrière des plaques et accessoires d'ancrages.
- 6.36.5.1.3.4 Les nouveaux boîtiers d'isolation doivent être compatibles avec les plaques d'ancrages auxquels ils seront fixés.
- 6.36.5.1.4 Gaines
- 6.36.5.1.4.1 Les gaines pour barres en acier à haute résistance doivent être des tuyaux en polyéthylène à haute densité (PEHD) ou en acier galvanisé.
- 6.36.5.1.4.2 Les gaines pour torons de post-tension doivent être des tuyaux en polyéthylène à haute densité (PEHD) à parois lisses de type « Fusolene » de Plasti-Drain Ltée, ou équivalent approuvé. Ils doivent être munis de raccords à manchons et d'adaptateurs appropriés afin qu'ils puissent être raccordés conformément aux recommandations du fabricant.
- 6.36.5.1.4.3 Les tuyaux en polyéthylène à haute densité (PEHD) doivent être résistants aux effets du rayonnement ultraviolet et capables de supporter des pressions minimales de 1000 kPa.
- 6.36.5.1.4.4 À moins d'indication contraire aux dessins ou aux *Conditions techniques particulières*, tous les raccords (épissures) de gaines doivent être fusionnés.
- 6.36.5.1.4.5 La gaine individuelle de chaque toron doit être en polypropylène (PP), de type « Shell Polypropylene HMA 6100 » telle que fabriquée par Shell Chemicals ou équivalent accepté par l'Ingénieur.

6.36.5.1.5 Graisse

6.36.5.1.5.1 La graisse utilisée doit rencontrer les normes de protection contre la corrosion pour « environnements agressifs » telles que spécifiées par le Post-Tensioning Institute (PTI), de type Visconorust PT1000 de Viscosity Oil ou équivalent accepté.

6.36.5.1.6 Coulis d'injection pour poutres en béton précontraint

6.36.5.1.6.1 Au moins vingt-huit (28) jours avant la date prévue pour le début des travaux d'injection, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur des échantillons représentatifs du ciment et du fluidifiant qu'il se propose d'utiliser. Aucun travail d'injection ne sera permis sans l'acceptation préalable de la formule de mélange du coulis par l'Ingénieur.

6.36.5.1.6.2 Le coulis d'injection utilisé doit être conforme aux exigences stipulées dans la norme 3901 *Coulis cimentaires* du ministère des Transports du Québec.

6.36.5.1.6.3 La résistance à la compression du coulis ne doit pas être inférieure à 20 MPa après sept (7) jours, ni inférieure à 35 MPa après 28 jours; elle doit être déterminée à l'aide des cubes-échantillons de 50 mm entreposés et mis à l'essai conformément à la norme ASTM C109/C109M. Ces essais seront effectués par le laboratoire du **Propriétaire**, aux frais de ce dernier.

6.36.5.1.6.4 Le coulis doit être composé de ce qui suit :

6.36.5.1.6.4.1 de ciment de type GU;

6.36.5.1.6.4.2 d'un fluidifiant expansible, de type Intraplast-N fabriqué par Sika ou équivalent accepté par l'Ingénieur, utilisé dans la proportion recommandée par le fabricant;

6.36.5.1.6.4.3 de la quantité d'eau nécessaire pour obtenir le rapport eau/ciment minimal, qui doit être de 0,4 et produire la résistance à la compression spécifiée;

6.36.5.1.6.4.4 d'une teneur en air de 5 à 7%.

6.36.5.1.6.5 L'**Entrepreneur** ne doit pas incorporer de chlorure de calcium dans le coulis, ou tout autre adjuvant qui en contient.

6.36.5.1.6.6 La fluidité du coulis, déterminée par la mesure du temps d'écoulement d'un volume spécifié de coulis par la méthode du cône d'écoulement, doit se situer entre 18 et 22 secondes.

6.36.5.1.6.7 Lorsque le coulis est laissé au repos pendant 15 minutes, il ne doit pas se produire de ressuage ni de ségrégation.

- 6.36.5.1.6.8 Au moment de sa prise initiale, soit en trois (3) heures environ, le coulis doit se dilater de 8% par rapport à son volume initial.
- 6.36.5.1.7 Supports de gaine pour post-tension extérieure
- 6.36.5.1.7.1 Pour l'ajout de la post-tension extérieure l'**Entrepreneur** doit fournir de nouveaux supports de gaine ajustables en hauteur, fabriqués de cornières galvanisées.
- 6.36.5.1.7.2 Les supports doivent être fabriqués de façon à être compatibles avec les nouvelles gaines et selon les indications aux dessins.
- 6.36.5.1.7.3 Les supports doivent être fabriqués en acier de charpente neuf et conforme à la norme CAN/CSA G40.20/G40.21 de nuance 300W ou selon les indications aux dessins.
- 6.36.5.1.7.4 Les soudures doivent être conformes aux exigences de la norme CAN/CSA W59.
- 6.36.5.1.7.5 Les boulons à haute résistance, écrous et rondelles doivent être galvanisés et conformes à la norme ASTM A325.
- 6.36.5.1.7.6 Les boulons en U doivent être neufs, galvanisés, avoir un diamètre de 10 mm et conforme à la norme ASTM A307.
- 6.36.5.1.7.7 Toutes les composantes des supports de post-tension extérieure doivent être galvanisées par immersion à chaud conformément à la norme CAN/CSA-G164.
- 6.36.5.1.7.8 À la fin des travaux de mise en tension, l'**Entrepreneur** doit retoucher (2 couches) toutes les surfaces dont la galvanisation a été endommagée, incluant la partie des filets non engagés et exposés. Le matériau de retouche doit être soumis à l'Ingénieur pour examen et commentaires.

6.36.5.2 INSPECTION ET ENTREPOSAGE

- 6.36.5.2.1 L'**Entrepreneur** doit s'assurer que tous les matériaux constituant les câbles de post-tension sont déchargés et entreposés avec le plus grand soin et protégés contre toute agression (incluant sans s'y limiter : contact direct avec le sol, intempéries et condensation).
- 6.36.5.2.2 En particulier, les torons gainés-graissés doivent être protégés adéquatement jusqu'à ce qu'ils soient enrobés de coulis.
- 6.36.5.2.3 L'Ingénieur pourra refuser l'utilisation de tout matériau qu'il juge endommagé ou inadéquat pour l'utilisation auquel il est destiné.

6.36.5.3 ÉQUIPEMENT ET OUTILLAGE

6.36.5.3.1 Tous les équipements utilisés pour les travaux de mise en tension et d'injection de coulis doivent être soumis à l'Ingénieur pour examen.

6.36.5.3.2 Vérin

6.36.5.3.2.1 Chaque vérin doit être muni d'un manomètre à cadran d'au moins 150 mm de diamètre et chaque ensemble vérin-manomètre doit être accompagné d'un graphique d'étalonnage certifié établissant le rapport entre les lectures et la force des deux mouvements, ascendant et descendant, du piston.

6.36.5.3.3 Malaxeur à coulis

6.36.5.3.3.1 Le malaxeur doit être de type colloïdal à haut taux de cisaillement utilisant des palettes à haute vitesse pour cisailer et séparer les particules cimentaires permettant un contact complet entre les particules et l'eau.

6.36.5.3.3.2 Le malaxeur utilisé doit permettre d'agiter de nouveau le coulis avant de l'utiliser.

6.36.5.3.4 Pompe à coulis

6.36.5.3.4.1 Le coulis doit être injecté à l'aide d'une pompe à cavité progressive munie d'un manomètre et d'un débitmètre.

6.36.5.3.4.2 L'équipement utilisé pour injecter le coulis doit pouvoir fonctionner à une pression d'au moins 700 kPa.

6.36.5.4 EXÉCUTION DES TRAVAUX

6.36.5.4.1 Planification des travaux

6.36.5.4.1.1 Au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux, l'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur les fiches techniques et un échantillon de chacun des matériaux suivants : monotoron, toron d'acier, barre en acier à haute résistance et dispositifs d'ancrage et graisse. Les échantillons doivent être accompagnés de deux (2) copies du certificat d'essai en usine et de deux (2) copies des courbes allongement-traction, et ce, sans frais supplémentaire pour le **Propriétaire**. L'**Entrepreneur** doit également soumettre pour examen les dessins des supports de gaine.

6.36.5.4.1.2 L'**Entrepreneur** ne doit pas commencer la fabrication et l'installation des éléments de post-tension avant d'avoir obtenu l'autorisation de l'Ingénieur.

- 6.36.5.4.1.3 Au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux d'ajout de post-tension, l'**Entrepreneur** doit soumettre, pour examen et commentaires de l'Ingénieur, le détail des systèmes, soit les dessins, les notes de calculs ainsi que toute autre information technique se rapportant au système qu'il se propose d'utiliser pour la post-tension incluant sans s'y limiter :
- 6.36.5.4.1.3.1 la méthode et la séquence envisagées pour la mise en tension;
 - 6.36.5.4.1.3.2 les spécifications complètes;
 - 6.36.5.4.1.3.3 les détails des éléments de post-tension en acier (acier d'armature, barres en acier à haute résistance, supports de gaine);
 - 6.36.5.4.1.3.4 les dispositifs d'ancrage (tête et cône d'ancrage, boîtier d'isolation);
 - 6.36.5.4.1.3.5 les forces de tension;
 - 6.36.5.4.1.3.6 les calculs d'allongement;
 - 6.36.5.4.1.3.7 les pertes;
 - 6.36.5.4.1.3.8 les équipements et les matériaux d'injection de coulis;
 - 6.36.5.4.1.3.9 les détails des tuyaux en PEHD et des orifices de sortie d'air;
 - 6.36.5.4.1.3.10 toute autre donnée pertinente ayant trait aux travaux de post-tension.
- 6.36.5.4.2 L'**Entrepreneur** doit allouer à l'Ingénieur au moins quarante-huit (48) heures pour faire le relevé initial des câbles de précontrainte existante corrodés.
- 6.36.5.4.3 Dans les vingt-quatre (24) heures de chaque opération de démolition, l'**Entrepreneur** doit aviser l'Ingénieur pour qu'il procède au relevé de la détérioration des gaines, câbles et fils de précontraintes aux endroits démolis ou forés et lui fournir la main-d'œuvre et l'équipement pour poursuivre la démolition aux endroits où l'Ingénieur pourrait le juger nécessaire pour compléter son relevé.
- 6.36.5.4.4 Suite à l'évaluation sur place par l'Ingénieur des dommages aux câbles existants des poutres précontraintes, l'Ingénieur déterminera le type de travaux requis pour le renforcement de celles-ci.
- 6.36.5.4.5 L'Ingénieur déterminera la tension dans chacun des nouveaux câbles de post-tension extérieure selon l'état d'endommagement des câbles existants.

- 6.36.5.4.6 Construction des nouveaux blocs d'ancrage
- 6.36.5.4.6.1 L'**Entrepreneur** doit prendre toutes les précautions nécessaires pour ne pas endommager les éléments de post-tension existants lors des travaux visant la construction des nouveaux blocs d'ancrage.
- 6.36.5.4.6.2 L'**Entrepreneur** doit localiser à l'aide d'un appareil spécialisé (pachomètre, radar ou autre) et marquer sur les faces des poutres la position exacte des aciers d'armature et des gaines de précontrainte existants avant le début des travaux de démolition ou de forage. La méthode utilisée pour localiser les éléments de post-tension doit être soumise pour examen à l'Ingénieur.
- 6.36.5.4.6.3 Forer des trous dans les semelles des poutres pour permettre la mise en place de l'acier d'armature en acier galvanisé et pour les barres en acier à haute résistance selon les indications aux dessins et le relevé de localisation des éléments d'acier existants.
- 6.36.5.4.6.4 Les trous pour les barres d'acier d'armature et les barres en acier à haute résistance ne doivent pas être forés au diamant. L'**Entrepreneur** doit utiliser un gabarit à cet effet. Si une barre d'armature ou un câble de précontrainte est intercepté, l'**Entrepreneur** doit arrêter le forage et avertir l'Ingénieur afin d'obtenir ses directives. Le cas échéant, le forage du trou doit être réalisé à nouveau aux frais de l'**Entrepreneur**.
- 6.36.5.4.6.5 Suite au forage, l'Ingénieur procédera à la vérification de l'intérieur du trou afin de s'assurer qu'aucun dommage n'a été fait aux éléments de post-tension. L'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen, un croquis de la localisation des forages réalisés.
- 6.36.5.4.6.6 Faire les traits de scie afin de délimiter la zone à démolir pour la construction des nouveaux blocs d'ancrage.
- 6.36.5.4.6.7 Enlever la membrane existante sur les poutres aux endroits des nouveaux blocs d'ancrage et supports de gaines.
- 6.36.5.4.6.8 Démolir sur une profondeur de 50 mm toutes les surfaces de béton des semelles existantes qui seront en contact avec le béton des nouveaux blocs d'ancrage. Le béton à cet endroit est généralement sain, encombré d'armature, de quincaillerie et de câbles de précontrainte; il sera donc difficile à démolir par l'**Entrepreneur**.
- 6.36.5.4.6.9 Les travaux de démolition de béton des faces de poutres doivent respecter les prescriptions de la sous-section 6.21 *Démolition et enlèvement* et les indications aux dessins.
- 6.36.5.4.6.10 Mettre en place les barres en acier à haute résistance, les gaines ainsi que les cônes, plaques, boîtiers et accessoires d'ancrages.

- 6.36.5.4.6.11 Fournir et installer l'acier d'armature en acier galvanisé pour les blocs d'ancrages.
- 6.36.5.4.6.12 Les travaux de mise en place des aciers d'armature doivent respecter les prescriptions de la sous-section 6.31 *Armatures pour le béton* et les indications aux dessins.
- 6.36.5.4.6.13 Fabriquer les coffrages des blocs d'ancrage de façon à respecter les phases de bétonnage montrées aux dessins.
- 6.36.5.4.6.14 Les travaux de coffrage doivent respecter les prescriptions de la sous-section 6.32 *Coffrages* et les indications aux dessins.
- 6.36.5.4.6.15 Fournir et mettre en place le béton de première et deuxième phase des blocs d'ancrage.
- 6.36.5.4.6.16 Le béton de première et de deuxième phase des blocs d'ancrage doit avoir une résistance nominale de 50 MPa, à moins d'indication contraire aux *Conditions techniques particulières*.
- 6.36.5.4.6.17 La préparation de surface pour le bétonnage de deuxième phase doit être effectuée au moyen d'un jet d'abrasifs et d'un nettoyage au jet d'eau.
- 6.36.5.4.6.18 Les travaux de bétonnage doivent respecter les prescriptions de la sous-section 6.33 *Béton coulé en place* et les indications aux dessins.
- 6.36.5.4.7 Mise en place et mise en tension
- 6.36.5.4.7.1 Chaque opération de post-tension doit être supervisée, en tout temps sur le chantier, par un ingénieur membre en règle de l'Ordre des ingénieurs du Québec et possédant au moins dix (10) années d'expérience dans le domaine du renforcement par post-tension. À défaut de se conformer à cette exigence, l'**Entrepreneur** ne pourra procéder aux travaux de renforcement par post-tension.
- 6.36.5.4.7.2 La mise en tension des nouveaux torons d'acier et des barres en acier à haute résistance doit être effectuée par des personnes compétentes en ce domaine. Une preuve de compétence des personnes proposées doit être soumise à l'Ingénieur avant le début des travaux de post-tension.
- 6.36.5.4.7.3 La résistance en compression du béton de première phase des blocs d'ancrage au moment de la mise en tension des barres en acier à haute résistance et des torons ne doit pas être inférieure à 25 MPa ou doit respecter la valeur indiquée aux *Conditions techniques particulières*.
- 6.36.5.4.7.4 La résistance du béton des blocs d'ancrage avant la mise en tension doit être confirmée par des essais destructifs si cela est exigé par l'Ingénieur.

- 6.36.5.4.7.5 L'**Entrepreneur** doit exécuter les travaux de mise en tension conformément aux instructions du fabricant des matériaux de précontrainte. Ces travaux doivent obligatoirement être exécutés en présence de l'ingénieur de l'**Entrepreneur**.
- 6.36.5.4.7.6 Mettre sous tension les barres en acier à haute résistance selon les valeurs indiquées aux dessins, aux *Conditions techniques particulières* ou selon les directives de l'Ingénieur.
- 6.36.5.4.7.7 L'**Entrepreneur** doit insérer les torons gainés-graissés dans les gaines en PEHD et dans les assemblages d'ancrage et fixer les gaines sur les supports d'acier aux côtés de la semelle des poutres conformément aux indications des dessins.
- 6.36.5.4.7.8 Les supports de gaines pour la post-tension longitudinale ainsi que les supports temporaires doivent être installés afin de limiter la flèche des gaines en PEHD entre les supports à 3 mm lors des travaux d'injection de coulis. Les supports permanents doivent être mis en place en respectant l'espacement prévu aux dessins. La méthode de soutien temporaire doit être soumise à l'Ingénieur pour examen.
- 6.36.5.4.7.9 Les supports doivent être positionnés de façon à ce que les torons soient centrés dans les nouvelles gaines.
- 6.36.5.4.7.10 L'**Entrepreneur** doit prévoir une séquence de mise en tension comprenant une mise en tension graduelle alternée des torons situés de part et d'autre des poutres. La différence de tension maximale admissible entre les câbles du côté amont de la poutre et ceux du côté aval sera évaluée par l'Ingénieur avant les travaux de mise en tension et après son analyse de l'état de détérioration des câbles existants. L'**Entrepreneur** doit obtenir les directives de l'Ingénieur à ce sujet avant de procéder à la mise en tension des nouveaux câbles.
- 6.36.5.4.7.11 L'**Entrepreneur** doit exercer la tension de façon à ce que le vérin ait le même axe que le toron qui est mis en tension.
- 6.36.5.4.7.12 Mettre sous tension les torons d'acier selon les valeurs indiquées aux dessins ou aux *Conditions techniques particulières*. Dans tous les cas, les valeurs de mise en tension doivent être validées par l'Ingénieur avant le début des travaux. La force effective finale par toron sera déterminée par l'Ingénieur après son évaluation des dommages des câbles existants.
- 6.36.5.4.7.13 Suite aux travaux de mise en tension des torons, l'**Entrepreneur** doit laisser en place dans les boîtiers d'isolation une longueur excédentaire de 450 mm de torons afin de permettre une remise en tension ultérieure des torons.
- 6.36.5.4.7.14 Les boîtiers d'isolation doivent être entièrement injectés de graisse à la fin des travaux de mise en tension.

- 6.36.5.4.8 Injection de coulis
- 6.36.5.4.8.1 L'**Entrepreneur** doit protéger par injection de coulis les torons gainés-graissés et les barres en acier à haute résistance sur la longueur totale des gaines.
- 6.36.5.4.8.2 La mise en tension des éléments de post-tension doit être complétée avant l'injection du coulis.
- 6.36.5.4.8.3 Aucun travail d'injection ne sera permis sans l'examen préalable de la formule de mélange du coulis par l'Ingénieur.
- 6.36.5.4.8.4 L'**Entrepreneur** doit installer des tubes d'injection et des événements (orifices de sortie d'air) pour empêcher que de l'air demeure emprisonné dans les gaines.
- 6.36.5.4.8.5 L'acier doit être exempt de toute saleté, rouille, huile, graisse ou autres substances nuisibles lorsqu'il est enrobé de coulis.
- 6.36.5.4.8.6 L'injection doit toujours être réalisée à partir de l'extrémité inférieure des gaines pour éviter les risques d'air emprisonné.
- 6.36.5.4.8.7 Le coulis doit être gâché en volume de manière à ce que le laps de temps qui s'écoule entre le malaxage et le pompage du coulis n'excède pas la limite spécifiée par le fabricant du fluidifiant. L'**Entrepreneur** ne doit pas procéder à un deuxième gâchage d'un même volume de coulis.
- 6.36.5.4.8.8 L'intervalle entre le malaxage et le pompage du coulis ne doit pas excéder quarante (40) minutes.
- 6.36.5.4.8.9 La température du coulis au moment de l'injection ne doit pas être inférieure à 16°C ni supérieure à 27°C.
- 6.36.5.4.8.10 Si les travaux d'injection sont interrompus, l'**Entrepreneur** doit immédiatement nettoyer à fond les tuyaux en PEHD et les gaines.
- 6.36.5.4.8.11 L'**Entrepreneur** doit garder à portée de la main un approvisionnement sûr en eau et en air comprimé à haute pression lors de l'injection du coulis.
- 6.36.5.4.9 Bétonnage de deuxième phase et membrane imperméabilisante
- 6.36.5.4.9.1 L'**Entrepreneur** doit protéger les extrémités des torons gainés-graissés et des barres en acier à haute résistance en procédant à la mise en place d'un bétonnage de deuxième phase (cachetage) selon les indications aux dessins.
- 6.36.5.4.9.2 Recouvrir la surface des blocs d'ancrage extérieurs d'une membrane d'imperméabilisation selon les indications aux dessins et les exigences de la sous-section 6.37 *Produits divers pour travaux de béton*.

6.36.5.5 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

- 6.36.5.5.1 L'ingénieur de l'**Entrepreneur** doit s'assurer que les détails de la méthode examinée par l'ingénieur soient appliqués en toute sécurité et qu'aucune improvisation sur le chantier ne compromette l'intégrité de l'ouvrage.
- 6.36.5.5.2 L'**Entrepreneur** est responsable d'effectuer tous les essais et de prendre toutes les lectures et mesures requises pour assurer le contrôle de la qualité de ses travaux de mise en tension.
- 6.36.5.5.3 L'**Entrepreneur** doit fournir à l'ingénieur les valeurs d'allongement des câbles et lui indiquer l'effort maximal de mise en tension admissible. L'ingénieur de l'**Entrepreneur** doit consigner les valeurs réelles d'allongement des aciers, la pression exercée par les vérins et la perte de tension aux ancrages, s'il y a lieu.
- 6.36.5.5.4 L'**Entrepreneur** doit vérifier périodiquement la précision du manomètre du vérin en le comparant à un autre manomètre monté sur le système.
- 6.36.5.5.5 L'écart permis par rapport à la force de post-tension prescrite ne doit pas excéder 5%.
- 6.36.5.5.6 La tension dans les aciers doit être déterminée par la mesure de leur allongement vérifié continuellement au moyen du manomètre du vérin.
- 6.36.5.5.7 L'**Entrepreneur** doit déterminer l'erreur au point zéro de traction du vérin en prenant quelques lectures directes de l'allongement des aciers au vérin. Ces lectures doivent ensuite être portées sur un diagramme et reliées entre elles par une ligne. Le prolongement de cette ligne jusqu'au point d'interception avec l'axe horizontale permet d'estimer cette erreur.
- 6.36.5.5.8 L'**Entrepreneur** doit exécuter la mise en tension et limiter celle-ci de façon à obtenir une force effective de précontrainte conforme aux dessins et aux valeurs spécifiées par l'ingénieur.
- 6.36.5.5.9 Les relevés de l'allongement de la post-tension, les lectures d'efforts de traction au manomètre du vérin et du glissement des câbles doivent être acceptés par l'ingénieur avant l'acceptation des travaux.
- 6.36.5.5.10 Une copie du rapport de mise en tension signée par l'ingénieur de l'**Entrepreneur** doit être transmise à l'ingénieur à la fin des travaux.

FIN DE LA SOUS-SECTION