

# **DOCUMENTS D'APPEL D'OFFRES**

## **SOUS-SECTION 6.36 PRÉCONTRAINTE**

## TABLE DES MATIÈRES

	<b>PAGE</b>
<b>SOUS-SECTION 6.36 PRÉCONTRAINTÉ .....</b>	<b>1</b>
6.36.1 GÉNÉRALITÉS .....	1
6.36.2 UNITÉS DE MESURE.....	1
6.36.3 NORMES DE RÉFÉRENCE .....	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.....	6
6.36.6 RENFORCEMENT DES CHEVÊTRES PAR L'AJOUT DE POST-TENSION.....	17
6.36.7 RENFORCEMENT DE LA PARTIE SUPÉRIEURE DES PILES PAR L'AJOUT DE POST-TENSION.....	20
6.36.8 PRÉCONTRAINTÉ PAR L'AJOUT DE POST-TENSION DES DALLES DE TABLIER.....	26

## SOUS-SECTION 6.36 PRÉCONTRAÎTE

### 6.36.1 GÉNÉRALITÉS

- 6.36.1.1 La présente sous-section décrit les exigences relatives aux travaux de fabrication de poutres précontraintes, de précontrainte par post-tension des dalles de tablier ainsi qu'aux travaux de renforcement de poutres précontraintes ou d'unités de fondation par l'ajout de post-tension prévus au présent Contrat.
- 6.36.1.2 Les exigences particulières, le cas échéant, concernant les travaux de précontrainte prévus au présent Contrat sont indiquées aux dessins et 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*.
- 6.36.1.8 Les exigences relatives aux travaux d'acier sont décrites à la sous-section 6.41 *Travaux d'acier*.

### 6.36.2 UNITÉS DE MESURE

- 6.36.2.1 Les unités de mesure et leurs symboles respectifs utilisés à la présente sous-section se décrivent comme suit :

Unité de mesure	Désignation	Symbole
angle, plan	degré	°
angle, plan	radian	rad
contrainte, pression	kilopascal	kPa
contrainte, pression	mégapascal	MPa
longueur	millimètre	mm
température	degré Celsius	°C

### 6.36.3 NORMES DE RÉFÉRENCE

6.36.3.1 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 ».

6.36.3.2 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 présent Contrat :

6.36.3.2.1 (ASTM) ASTM International :

- *ASTM A123/A123M Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products;*
- *ASTM A143/A143M Standard Practice for Safeguarding Against Embrittlement of Hot-Dip Galvanized Structural Steel Products and Procedure for Detecting Embrittlement;*
- *ASTM A307 Standard Specification for Carbon Steel Bolts, Studs and Threaded Rod 60 000 PSI Tensile Strength;*
- *ASTM A325 Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength;*
- *ASTM A416/A416M Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete;*
- *ASTM A421/A421M Standard Specification for Uncoated Stress-Relieved Steel Wire for Prestressed Concrete;*
- *ASTM A722/A722M Standard Specification for Uncoated High-Strength Steel Bars for Prestressing Concrete;*
- *ASTM C109/C109M Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens);*
- *ASTM C939 Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method);*
- *ASTM C1064/C1064M Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete.*

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

- *CAN/CSA-A23.1/A23.2 Béton : Constituants et exécution des travaux / Méthodes d'essai et pratiques normalisées pour le béton;*
- *CAN/CSA A23.4 Béton préfabriqué – Constituants et exécution des travaux;*
- *CAN/CSA G40.20/G40.21 Exigences générales relatives à l'acier de construction laminé ou soudé/Acier de construction;*
- *CAN/CSA S6 Code canadien sur le calcul des ponts routiers;*

- CAN/CSA W59 *Construction soudée en acier (soudage à l'arc)*.

6.36.3.2.3 (MTQ) Ministère des Transports du Québec :

- MTQ – *Cahier des charges et devis généraux (CCDG) – Construction et réparation*;
- MTQ – *Normes – Ouvrages routiers – Tome VII Matériaux :*
  - Norme 3901 *Coulis cimentaires*.

## 6.36.4 FABRICATION DE POUTRES EN BÉTON PRÉCONTRAIT

### 6.36.4.1 MATÉRIAUX

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

6.36.4.1.2 L'**Entrepreneur** peut apporter les modifications aux matériaux ou aux détails de construction qu'il estime nécessaires avec l'autorisation écrite préalable de l'Ingénieur.

6.36.4.1.3 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.

### 6.36.4.1.4 Armature de précontrainte

6.36.4.1.4.1 Sauf indication contraire aux dessins, l'armature de précontrainte utilisée doit être des torons à basse relaxation de nuance 1 860 MPa conformément aux normes ASTM A416/A416M et ASTM A421/A421M.

6.36.4.1.4.2 Pour chaque livraison d'armature de précontrainte et au moins quatorze (14) jours avant sa mise en tension, l'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur une attestation de conformité pour chaque lot de production contenant les informations suivantes, sans toutefois s'y limiter :

6.36.4.1.4.2.1 le nom du fabricant de l'armature de précontrainte;

6.36.4.1.4.2.2 le diamètre, le calibre, la catégorie et l'identification LR du type de relaxation;

6.36.4.1.4.2.3 le diagramme contrainte-déformation;

6.36.4.1.4.2.4 le certificat concernant la résistance ultime et le module d'élasticité;

6.36.4.1.4.2.5 le numéro de touret correspondant au numéro du lot de production.

6.36.4.1.4.3 Tout acier reçu non identifié sera rejeté.

- 6.36.4.1.4.4 Lorsqu'un contrôle de réception est effectué par le **Propriétaire**, le prélèvement des échantillons consistera en deux (2) torons de 1 500 mm par lot de production.
- 6.36.4.1.4.5 Pour les câbles de précontrainte fabriqués hors chantier, l'**Entrepreneur** doit remplacer au chantier les torons sur lesquels un prélèvement a été réalisé.
- 6.36.4.2 EXÉCUTION DES TRAVAUX
- 6.36.4.2.1 Fabrication des poutres
- 6.36.4.2.1.1 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 fabriqués au moyen d'équipements installés à demeure. La température ambiante à l'intérieur du bâtiment doit être maintenue à au moins 10°C.
- 6.36.4.2.1.2 Les poutres en béton précontraint doivent être conformes aux dessins.
- 6.36.4.2.1.3 Les poutres préfabriquées en béton précontraint doivent être fabriquées conformément à la norme CAN/CSA A23.4.
- 6.36.4.2.1.4 La longueur de chaque poutre indiquée aux dessins doit être vérifiée sur le site par l'**Entrepreneur** avant d'entreprendre la fabrication des poutres.
- 6.36.4.2.1.5 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.
- 6.36.4.2.1.6 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.
- 6.36.4.2.1.7 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.
- 6.36.4.2.1.8 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 point de levage afin de permettre leur manipulation.
- 6.36.4.2.1.9 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 implicite, vérifiés et acceptés par l'Ingénieur.

- 6.36.4.2.1.10 Chaque extrémité des poutres doit être clairement marquée du numéro d'identification conformément aux indications aux dessins d'atelier.
- 6.36.4.2.1.11 Le bétonnage et le mûrissement des poutres doivent être exécutés conformément à la norme CAN/CSA-A23.1 et la température ambiante doit être maintenue à au moins 10°C à partir du début du bétonnage.
- 6.36.4.2.1.12 Les exigences concernant les tolérances dimensionnelles sont indiquées à l'article 15.6.4.4.5 *Tolérances dimensionnelles* du CCDG.
- 6.36.4.2.1.13 Les exigences concernant la correction et le fini des surfaces sont indiquées à l'article 15.6.4.4.6 *Correction et fini des surfaces* du CCDG.
- 6.36.4.2.1.14 Les exigences concernant les torons défectueux sont indiquées à l'article 15.6.4.4.3 *Armature et torons* du CCDG.
- 6.36.4.2.2 Imperméabilisation des poutres
- 6.36.4.2.2.1 Une fois la cure du béton complétée, l'**Entrepreneur** doit appliquer, sur toutes les surfaces des poutres, deux (2) couches de scellant pénétrant (siloxane) conformément à la sous-section 6.37 *Produits divers pour travaux de béton* et conformément aux recommandations du fabricant.
- 6.36.4.3 MANUTENTION ET ENTREPOSAGE
- 6.36.4.3.1 La manutention et l'entreposage des poutres doivent être exécutés conformément à l'article 15.6.4.5 *Manutention et entreposage* du CCDG.
- 6.36.4.3.2 Les tourets de torons doivent être entreposés de façon à les protéger de l'humidité ou de toute source de dégradation potentielle à proximité.
- 6.36.4.3.3 Les poutres doivent être entreposées de façon à prévenir toute déformation et tout dommage ainsi que toute altération aux produits imperméabilisants.
- 6.36.4.3.4 Dans les sept (7) jours suivant la date de l'avis l'adjudication du présent Contrat, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen, le détail des précautions et exigences en rapport avec la manutention et le transport des poutres préfabriquées.
- 6.36.4.3.5 L'**Entrepreneur** doit livrer les poutres préfabriquées à l'endroit désigné par le **Propriétaire** et conformément aux indications aux dessins, sur un terrain du **Propriétaire** situé dans la région métropolitaine de Montréal.

#### 6.36.4.4 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

- 6.36.4.4.1 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 seront également vérifiées 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.
- 6.36.4.4.2 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.
- 6.36.4.4.3 L'**Entrepreneur** doit permettre et faciliter la vérification sur place par l'Ingénieur de la mise en tension des torons, à défaut de quoi ces travaux seront considérés défectueux.

### 6.36.5 RENFORCEMENT DE POUTRES PRÉCONTRAINES 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 Sauf indication contraire aux dessins pour les blocs d'ancrage, l'**Entrepreneur** doit utiliser des barres en acier à haute résistance neuves ayant une contrainte nominale de rupture de 1 030 MPa et conformes à la norme ASTM A722/A722M.

6.36.5.1.1.2 Pour chaque livraison de barres en acier à haute résistance et au moins quatorze (14) jours avant la mise en tension de l'armature de précontrainte, l'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur une attestation de conformité pour chaque lot de production contenant les informations suivantes, sans toutefois s'y limiter :

6.36.5.1.1.2.1 le nom du fabricant de l'armature de précontrainte;

6.36.5.1.1.2.2 le diamètre nominal et la nuance;

6.36.5.1.1.2.3 le diagramme contrainte-déformation;

6.36.5.1.1.2.4 le certificat concernant la résistance ultime et le module d'élasticité;

6.36.5.1.1.2.5 le numéro du lot de production.

6.36.5.1.1.3 Tout acier reçu non identifié sera rejeté.

- 6.36.5.1.1.4 Lorsqu'un contrôle de réception est effectué par le **Propriétaire**, le prélèvement des échantillons consistera en deux (2) barres en acier à haute résistance de 1 500 mm par lot de production.
- 6.36.5.1.1.5 Pour les câbles de précontrainte fabriqués hors chantier, l'**Entrepreneur** doit remplacer au chantier les torons sur lesquels un prélèvement a été réalisé.
- 6.36.5.1.2 Torons gainés-graissés
- 6.36.5.1.2.1 Sauf indication contraire aux dessins, tous les torons de post-tension en acier doivent être des torons à basse relaxation de nuance 1 860 MPa et être conforme 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 à l'Ingénieur les preuves de conformité des propriétés physiques et chimiques par des essais effectués par un laboratoire canadien membre de l'Association des firmes de génie-conseil (AFG).
- 6.36.5.1.2.3 La composition des câbles de précontrainte, le nombre de monotorons, les diamètres et le nombre de fils, doivent être conformes aux indications aux dessins.
- 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'ancrage.
- 6.36.5.1.3.4 Les nouveaux boîtiers d'isolation doivent être compatibles avec les plaques d'ancrage auxquels ils seront fixés.
- 6.36.5.1.4 Gaines
- 6.36.5.1.4.1 Les gaines pour les barres en acier à haute résistance doivent être 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 et être le produit *Fusolene* fabriqué par Plasti-Drain Ltée ou équivalent autorisé par l'Ingénieur. 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 PEHD doivent être résistants aux effets du rayonnement ultraviolet et capables de supporter des pressions minimales de 1 000 kPa.
- 6.36.5.1.4.4 Sauf indication contraire aux dessins, tous les raccords et épissures des gaines doivent être fusionnés.
- 6.36.5.1.4.5 La gaine individuelle de chaque toron doit être en polypropylène (PP) et doit être le produit *Shell Polypropylene HMA 6100* fabriqué par Shell Chemicals ou équivalent autorisé par l'Ingénieur.
- 6.36.5.1.5 Graisse
- 6.36.5.1.5.1 La graisse utilisée doit être conforme aux normes de protection contre la corrosion pour environnements agressifs tel que spécifié par le Post-Tensioning Institute (PTI), et doit être le produit *Visconorust PT1000* fabriqué par Viscosity Oil ou équivalent autorisé par l'Ingénieur.
- 6.36.5.1.6 Coulis d'injection pour poutres en béton précontraint
- 6.36.5.1.6.1 Au moins quatorze (14) jours avant la date prévue pour le début des travaux d'injection, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen la fiche technique du coulis d'injection en sac ou, dans le cas d'un coulis préparé en chantier, des échantillons représentatifs du ciment et du fluidifiant qu'il propose d'utiliser. Aucun travail d'injection ne sera permis sans l'autorisation préalable de la formule de mélange du coulis par l'Ingénieur.
- 6.36.5.1.6.2 La résistance, la fluidité, le temps de ressuage, la dilatation libre et autres caractéristiques du coulis d'injection utilisé doivent être conformes à la norme 3901 du MTQ.
- 6.36.5.1.6.3 La résistance à la compression du coulis doit être déterminée à l'aide des cubes-échantillons de 50 mm entreposés et mis à l'essai conformément à la norme CAN/CSA A23.2-1B *Détermination des propriétés du coulis fluide*. Ces essais sont effectués par le Laboratoire du Propriétaire, aux frais de ce dernier.
- 6.36.5.1.6.4 Le coulis préparé en chantier 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 du fluidifiant expansible, *Intraplast-N* fabriqué par Sika Canada inc. ou équivalent autorisé par l'Ingénieur et 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 minimal eau/ciment, qui doit être de 0,4 et produire la résistance à la compression indiquée aux dessins;
- 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.
- 6.36.5.1.7 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 et en largeur, fabriqués de cornières galvanisées.
- 6.36.5.1.7.2 Les supports doivent être fabriqués de façon à être compatibles avec les nouvelles gaines conformément aux indications aux dessins.
- 6.36.5.1.7.3 Les supports doivent être fabriqués en acier de charpente neuf conformément à la norme CAN/CSA G40.20/G40.21 et être de nuance 300W, ou conformément aux indications aux dessins.
- 6.36.5.1.7.4 Les soudures doivent être exécutées conformément à 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 ASTM A123/A123M.
- 6.36.5.1.7.8 À la fin des travaux de mise en tension, l'**Entrepreneur** doit retoucher toutes les surfaces dont la galvanisation a été endommagée, incluant la partie des filets non engagés et exposés, en appliquant deux (2) couches de matériau de retouche. Le matériau de retouche doit préalablement être soumis à l'Ingénieur pour examen.
- 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 toutefois s'y limiter, le contact direct avec le sol, les intempéries et la 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 peut 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 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 soumettre à l'Ingénieur pour examen les fiches techniques et un échantillon de chacun des matériaux suivants : monotoron, toron d'acier, barre en acier à haute résistance, 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 à l'Ingénieur pour examen les dessins des supports de gaine.

- 6.36.5.4.1.2 L'**Entrepreneur** ne peut pas commencer la fabrication ni 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 à l'Ingénieur pour examen le détail des systèmes, soit les dessins, les notes de calcul ainsi que toute autre information technique se rapportant au système qu'il se propose d'utiliser pour la post-tension incluant, sans toutefois 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 et 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.
- 6.36.5.4.1.4 Préalablement aux travaux de forage dans les poutres, incluant la semelle supérieure, les raidisseurs et les diaphragmes, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen son relevé des armatures passives et des armatures de précontrainte existantes, ainsi que la localisation proposée pour les forages. Le relevé de l'**Entrepreneur** doit comprendre les coordonnées (x, y, z) et comporter un seul système de référence pour l'ensemble des éléments relevés.
- 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 existants 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 nécessaires pour poursuivre la démolition aux endroits où l'Ingénieur pourrait le juger nécessaire pour compléter son relevé.

- 6.36.5.4.4 La création de fenêtres d'exploration dans le béton des poutres doit être réalisée en présence de l'Ingénieur.
- 6.36.5.4.5 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.
- 6.36.5.4.6 L'Ingénieur déterminera la tension dans chacun des nouveaux câbles de post-tension extérieure, selon l'état d'endommagement des câbles existants et selon les cambrures existantes des poutres adjacentes. L'**Entrepreneur** doit fournir à son arpenteur et à l'Ingénieur les accès aux poutres adjacentes de façon à permettre de déterminer la cambrure des poutres adjacentes et de suivre l'augmentation de la cambrure de la poutre faisant l'objet des travaux de post-tension. L'**Entrepreneur** doit prendre en considération la procédure de contrôle de la post-tension extérieure additionnelle pour la préparation de sa méthode de travail et la séquence envisagées pour la mise en tension.
- 6.36.5.4.7 Construction des nouveaux blocs d'ancrage
- 6.36.5.4.7.1 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.
- 6.36.5.4.7.2 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.
- 6.36.5.4.7.3 Des trous doivent être forés dans les semelles des poutres pour permettre la mise en place de l'acier d'armature en acier galvanisé et des barres en acier à haute résistance conformément aux indications aux dessins et au relevé de localisation des éléments d'acier existants.
- 6.36.5.4.7.4 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**.
- 6.36.5.4.7.5 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.
- 6.36.5.4.7.6 Des traits de scie doivent être faits afin de délimiter la zone à démolir pour la construction des nouveaux blocs d'ancrage conformément à la sous-section 6.21 *Démolition et enlèvement*.

- 6.36.5.4.7.7 La membrane existante doit être enlevée sur les poutres aux endroits des nouveaux blocs d'ancrage et supports de gaines.
- 6.36.5.4.7.8 Toutes les surfaces de béton des semelles existantes qui seront en contact avec le béton des nouveaux blocs d'ancrage doivent être démolies sur une profondeur de 50 mm. L'**Entrepreneur** doit noter que le béton à cet endroit est généralement sain, encombré d'armature, de quincaillerie et de câbles de précontrainte et donc difficile à démolir.
- 6.36.5.4.7.9 Les travaux de démolition de béton des faces de poutres doivent être conformes à la sous-section 6.21 *Démolition et enlèvement* et aux indications aux dessins.
- 6.36.5.4.7.10 Les barres en acier à haute résistance, ainsi que les gaines, les cônes, plaques, boîtiers et accessoires d'ancrage doivent être mise en place.
- 6.36.5.4.7.11 L'**Entrepreneur** doit fournir et installer l'acier d'armature en acier galvanisé pour les blocs d'ancrage.
- 6.36.5.4.7.12 Les travaux de mise en place des aciers d'armature doivent être conformes à la sous-section 6.31 *Armatures pour le béton* et aux indications aux dessins.
- 6.36.5.4.7.13 Les coffrages des blocs d'ancrage doivent être fabriqués de façon à être conformes aux phases de bétonnage indiquées aux dessins.
- 6.36.5.4.7.14 Les travaux de coffrage doivent être conformes à la sous-section 6.32 *Coffrages* et aux indications aux dessins.
- 6.36.5.4.7.15 L'**Entrepreneur** doit fournir et mettre en place le béton de première et deuxième phase des blocs d'ancrage.
- 6.36.5.4.7.16 Sauf indication contraire aux dessins, le béton de première et de deuxième phase des blocs d'ancrage doit avoir une résistance nominale de 50 MPa.
- 6.36.5.4.7.17 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 conformément à la sous-section 6.21 *Démolition et enlèvement*.
- 6.36.5.4.7.18 Les travaux de bétonnage doivent être conformes à la sous-section 6.33 *Béton coulé en place* et aux indications aux dessins.

- 6.36.5.4.8 Mise en place et mise en tension
- 6.36.5.4.8.1 Chaque opération de post-tension doit être supervisée en tout temps sur le chantier par un ingénieur de l'**Entrepreneur** membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ) et possédant au moins dix (10) années d'expérience pertinente 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.
- 6.36.5.4.8.2 La mise en tension des nouveaux torons d'acier et des barres en acier à haute résistance doit être effectuée par des personnes possédant au moins cinq (5) années d'expérience pertinente dans ce domaine. Une preuve de compétence des personnes proposées doit être soumise à l'Ingénieur avant le début des travaux de post-tension.
- 6.36.5.4.8.3 Sauf indication contraire aux dessins, 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.
- 6.36.5.4.8.4 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.
- 6.36.5.4.8.5 L'**Entrepreneur** doit exécuter les travaux de mise en tension conformément aux recommandations du fabricant des matériaux de précontrainte. Ces travaux doivent être exécutés en présence de l'ingénieur de l'**Entrepreneur**.
- 6.36.5.4.8.6 Les barres en acier à haute résistance doivent être mises sous tension conformément aux valeurs indiquées aux dessins ou aux directives de l'Ingénieur.
- 6.36.5.4.8.7 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 aux dessins.
- 6.36.5.4.8.8 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 à 3 mm entre les supports lors des travaux d'injection de coulis. Les supports permanents doivent être mis en place conformément à l'espacement indiqué aux dessins. La méthode de soutien temporaire doit être soumise à l'Ingénieur pour examen.
- 6.36.5.4.8.9 Les supports doivent être positionnés de façon à ce que les torons soient centrés dans les nouvelles gaines.

- 6.36.5.4.8.10 L'**Entrepreneur** doit prévoir une séquence de mise en tension comprenant une mise en tension graduelle des torons, en alternance d'un toron à l'autre de part et d'autre des poutres et en commençant du côté où la détérioration du béton est la plus prononcée. 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.
- 6.36.5.4.8.11 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.
- 6.36.5.4.8.12 Les torons d'acier doivent être mis sous tension conformément aux valeurs indiquées aux dessins. 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 aux câbles existants.
- 6.36.5.4.8.13 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.
- 6.36.5.4.8.14 Les boîtiers d'isolation doivent être entièrement injectés de graisse à la fin des travaux de mise en tension.
- 6.36.5.4.9 Injection de coulis
- 6.36.5.4.9.1 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 conformément à l'article 6.8.7 *Coulis* de la norme CAN/CSA A23.1.
- 6.36.5.4.9.2 La mise en tension des éléments de post-tension doit être complétée avant l'injection du coulis.
- 6.36.5.4.9.3 Aucun travail d'injection ne sera permis sans l'examen préalable de la formule de mélange du coulis par l'Ingénieur.
- 6.36.5.4.9.4 L'**Entrepreneur** doit installer des tuyaux d'injection et des événements (orifices de sortie d'air) pour empêcher que de l'air demeure emprisonné dans les gaines.
- 6.36.5.4.9.5 L'acier doit être exempt de toute saleté, rouille, huile, graisse ou autre substance nuisible lorsqu'il est enrobé de coulis.
- 6.36.5.4.9.6 L'injection doit toujours être réalisée à partir de l'extrémité inférieure des gaines pour éviter les risques d'air emprisonné.

- 6.36.5.4.9.7 Le coulis doit être gâché en volume de façon à ce que le laps de temps qui s'écoule entre le malaxage et le pompage du coulis n'excède pas la limite recommandée par le fabricant du fluidifiant. L'**Entrepreneur** ne doit pas procéder à un deuxième gâchage d'un même volume de coulis.
- 6.36.5.4.9.8 L'intervalle entre le malaxage et le pompage du coulis ne doit pas excéder quarante (40) minutes.
- 6.36.5.4.9.9 La température du coulis au moment de l'injection ne doit pas être inférieure à 16°C ni supérieure à 27°C.
- 6.36.5.4.9.10 Si les travaux d'injection ne peuvent maintenir un écoulement unidirectionnel, l'**Entrepreneur** doit immédiatement nettoyer à fond les tuyaux en PEHD et les gaines conformément à l'article 6.8.7 *Coulis* de la norme CAN/CSA A23.1.
- 6.36.5.4.9.11 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.
- 6.36.5.4.10 Bétonnage de deuxième phase et membrane imperméabilisante
- 6.36.5.4.10.1 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) conformément aux indications aux dessins.
- 6.36.5.4.10.2 La surface des blocs d'ancrage extérieurs doit être recouverte d'une membrane d'imperméabilisation conformément aux indications aux dessins et à 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 de travail examinée par l'Ingénieur sont appliqués en toute sécurité et qu'aucune improvisation sur le chantier ne compromet 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 telle qu'indiquée aux dessins ou le cas échéant, aux directives de 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.
- 6.36.5.5.10 Une copie du rapport de mise en tension signée par l'ingénieur de l'**Entrepreneur**, membre de OIQ, doit être transmise à l'Ingénieur à la fin des travaux de mise en tension.

## **6.36.6 RENFORCEMENT DES CHEVÊTRES PAR L'AJOUT DE POST-TENSION**

- 6.36.6.1 Le présent article décrit les exigences relatives à l'ajout de précontrainte sur des chevêtres.
- 6.36.6.2 MATÉRIAUX
- 6.36.6.2.1 L'**Entrepreneur** est responsable du choix des produits utilisés et de leur performance une fois mis en place.
- 6.36.6.2.2 Suite à une inspection conjointe des éléments structuraux par un ingénieur spécialisé en précontrainte de l'**Entrepreneur** et l'Ingénieur, l'**Entrepreneur** peut apporter les modifications aux matériaux ou aux détails d'installation qu'il estime nécessaires, avec l'autorisation écrite préalable de l'Ingénieur.
- 6.36.6.2.3 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.
- 6.36.6.2.4 Barres en acier à haute résistance
- 6.36.6.2.4.1 Les barres en acier à haute résistance doivent être galvanisées, de nuance 1 030 MPa, être conformes à la norme ASTM A722/A722M et doit être le produit *DYWIDAG* fabriqué par DSI ou équivalent autorisé par l'Ingénieur.

- 6.36.6.2.4.2 Pour chaque livraison de barres en acier à haute résistance au chantier, toutes les barres d'acier à haute résistance doivent porter un numéro de lot individuel et 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.
- 6.36.6.2.4.3 Les barres en acier à haute résistance et leurs rondelles, écrous et autres accessoires, doivent être galvanisés conformément aux normes ASTM A123/A123M, ASTM A143/A143M et ASTM A722/A722M ainsi qu'aux recommandations du fabricant.
- 6.36.6.2.5 Manchons soudés, écrous coniques, rondelles et autres accessoires
- 6.36.6.2.5.1 Les manchons soudés doivent être le produit *DYWIDAG* ou équivalent autorisé par l'Ingénieur et doivent être installés de façon à ce que l'acier en post-tension ne puisse subir de tortillement ou de bouclage, ni s'endommager de quelque autre façon.
- 6.36.6.2.5.2 Les écrous coniques, les rondelles, les plaques et les matériaux connexes, à l'extrémité de tirage des barres, doivent être d'un type recommandé par le fabricant des barres en acier à haute résistance et autorisés par l'Ingénieur.
- 6.36.6.2.5.3 Les manchons soudés, les écrous coniques, les rondelles, les plaques et les autres accessoires doivent être galvanisés à chaud conformément à la norme ASTM A123/A123M ainsi qu'aux recommandations du fabricant.
- 6.36.6.2.6 Gaines
- 6.36.6.2.6.1 Les gaines pour barres en acier à haute résistance de post-tension doivent être des tuyaux en PEHD à parois lisses et être le produit *Fusolene* fabriqué par Plasti-Drain Ltée ou équivalent autorisé par l'Ingénieur. Elles doivent être munies de raccords à manchons et d'adaptateurs appropriés afin qu'ils puissent être raccordés conformément aux recommandations du fabricant.
- 6.36.6.2.6.2 Les gaines doivent être résistantes aux effets du rayonnement ultraviolet et capables de supporter des pressions minimales de 1 000 kPa.
- 6.36.6.2.6.3 Tous les raccords et épissures de gaines doivent être fusionnés.
- 6.36.6.2.7 Coulis d'injection
- 6.36.6.2.7.1 Le coulis d'injection utilisé doit être conforme à l'article 6.36.5.1.6 *Coulis d'injection pour poutres en béton précontraint* de la présente sous-section.
- 6.36.6.2.8 Supports de gaine pour post-tension extérieure
- 6.36.6.2.8.1 Les supports de gaine doivent être conformes à l'article 6.36.5.1.7 *Supports de gaine pour post-tension extérieure* de la présente sous-section.

### 6.36.6.3 INSPECTION ET ENTREPOSAGE

6.36.6.3.1 Les barres en acier à haute résistance doivent être entreposées de façon à éviter toute déformation et détérioration, tel que des piqûres de corrosion.

6.36.6.3.2 L'**Entrepreneur** doit faciliter la vérification de l'état des barres ou torons avant leur mise en place.

6.36.6.3.3 Au moment de leur mise en place, les barres doivent être propres, exemptes d'huile, de graisse ou de rouille. Elles doivent être coupées à la meule et non au chalumeau. Toutes les barres en mauvais état devront être remplacées aux frais de l'**Entrepreneur**.

### 6.36.6.4 ÉQUIPEMENT ET OUTILLAGE

6.36.6.4.1 Tous les équipements utilisés pour les travaux de mise en tension et d'injection de coulis doivent être conformes à l'article 6.36.5.3 *Équipement et outillage* de la présente sous-section.

### 6.36.6.5 EXÉCUTION DES TRAVAUX

6.36.6.5.1 Au moins quatorze (14) jours avant la mise en place de la post-tension, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen une procédure de mise en tension représentant l'installation et les fiches techniques de mise en tension précisant le matériel, la méthode de travail, la séquence de mise en tension ainsi que les dispositions concernant la sécurité des travailleurs.

6.36.6.5.2 La contrainte doit être mesurée à l'aide du manomètre du vérin. La contrainte après la rentrée d'ancrage doit être de 680 MPa. La contrainte appliquée doit être vérifiée par la mesure de l'allongement des barres. Les hypothèses sur la rentrée d'ancrage doivent être vérifiées par la mesure des allongements des barres lors de la mise en tension par paliers de 10% jusqu'à la tension maximale avant la rentrée d'ancrage et après le retrait d'ancrage. La différence de force de précontrainte obtenue par les deux (2) mesures ne doit pas être supérieure à 5%. Si la différence est supérieure à 5%, l'**Entrepreneur** doit faire accepter par l'Ingénieur les mesures correctives qu'il propose. L'Ingénieur pourra modifier la valeur de la tension préalablement à la mise en tension des barres ou demander une nouvelle mise en tension en fonction des rentrées d'ancrage observées.

6.36.6.5.3 Après la mise en tension finale les barres doivent être coupées à la meule et recouvertes de deux (2) couches d'un des produits de galvanisation à froid conformément à l'article 6.41.6.5 *Réparation après la galvanisation* de la sous-section 6.41 *Travaux d'acier*.

### 6.36.6.6 INJECTION DE COULIS

6.36.6.6.1 L'**Entrepreneur** doit protéger par injection de coulis les barres en acier à haute résistance sur la longueur totale des gaines.

- 6.36.6.6.2 La mise en tension des éléments de post-tension doit être complétée avant l'injection de coulis.
- 6.36.6.6.3 Aucun travail d'injection ne sera permis sans l'examen préalable de la formule de mélange du coulis par l'Ingénieur.
- 6.36.6.6.4 L'**Entrepreneur** doit installer des tuyaux d'injection et des événements pour empêcher que de l'air demeure emprisonné dans les gaines.
- 6.36.6.6.5 L'acier doit être exempt de toute saleté, rouille, huile, graisse ou autre substance nuisible lorsqu'il est enrobé de coulis.
- 6.36.6.6.6 L'injection de coulis doit toujours être réalisée à partir de l'extrémité inférieure des gaines pour éviter les risques d'air emprisonné.
- 6.36.6.6.7 Le coulis doit être gâché en volume de façon à ce que le laps de temps qui s'écoule entre le malaxage et le pompage du coulis n'excède pas la limite recommandée par le fabricant du fluidifiant. L'**Entrepreneur** ne doit pas procéder à un deuxième gâchage d'un même volume de coulis.
- 6.36.6.6.8 L'intervalle entre le malaxage et le pompage du coulis ne doit pas excéder quarante (40) minutes.
- 6.36.6.6.9 La température du coulis au moment de l'injection ne doit pas être inférieure à 16°C ni supérieure à 27°C.
- 6.36.6.6.10 Si les travaux d'injection ne peuvent maintenir un écoulement unidirectionnel, l'**Entrepreneur** doit immédiatement nettoyer à fond les gaines en PEHD conformément à l'article 6.8.7 *Coulis* de la norme CAN/CSA A23.1.
- 6.36.6.6.11 L'**Entrepreneur** doit garder à portée de la main un approvisionnement constant en eau et en air comprimé à haute pression lors de l'injection du coulis.

## **6.36.7 RENFORCEMENT DE LA PARTIE SUPÉRIEURE DES PILES PAR L'AJOUT DE POST-TENSION**

### **6.36.7.1 MATÉRIAUX**

#### **6.36.7.1.1 Barres en acier à haute résistance**

- 6.36.7.1.1.1 L'**Entrepreneur** doit utiliser des barres en acier à haute résistance neuves ayant une contrainte nominale de rupture de 1030 MPa conformément aux normes ASTM A722/A722M et CAN/CSA S6. Tous les écrous, rondelles et autres accessoires doivent également être fournis par le fabricant des barres en acier. Les plaques d'appui des barres doivent être en acier de nuance 300W et conformes à la norme CAN/CSA G40.21.

6.36.7.1.1.2 Chaque lot de barres en acier à haute résistance livré au chantier doit porter un numéro de lot individuel et une étiquette de façon à permettre la traçabilité des barres par le biais des certificats de l'aciérie d'où elles proviennent. Toute barre en acier reçue au chantier sans être identifiée sera rejetée.

#### 6.36.7.1.2 Coulis d'injection

6.36.7.1.2.1 Au moins quatorze (14) jours avant la date prévue pour le début des travaux d'injection, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen des échantillons représentatifs du ciment et du fluidifiant qu'il prévoit utiliser. Aucun travail d'injection ne sera permis sans l'acceptation préalable de la formule de mélange du coulis par l'Ingénieur.

6.36.7.1.2.2 Le coulis d'injection doit être conforme à la norme 3901 du MTQ et posséder les caractéristiques suivantes :

Caractéristiques	Méthodes d'essai	Exigences
Résistance minimale à la compression	CAN/CSA A23.2-1B	20,0 MPa à 7 jours 35,0 MPa à 28 jours
Fluidité	ASTM C939 ASTM C939 modifié <sup>1</sup>	> 12 sec. et < 35 sec. > 9 sec. et < 20 sec.
Température	ASTM C1064/C1064M	5°C < T < 30°C

<sup>1</sup> Contrairement aux exigences de la norme ASTM C939, le cône est complètement rempli de coulis et le temps mesuré est celui correspondant à l'écoulement d'un premier litre de coulis.

6.36.7.1.2.3 Les produits autorisés à titre de coulis d'injection dans le cadre du présent Contrat sont les suivants :

- *Euco Cable Grout PTX* fabriqué par Euclid Canada Inc;
- *MASTERFLOW 1205* fabriqué par BASF;
- *Sikagrout 300 PT* fabriqué par Sika Canada inc;
- Tout autre produit équivalent autorisé par l'Ingénieur.

#### 6.36.7.1.3 Coulis de nivellement

6.36.7.1.3.1 Au moins quatorze (14) jours avant la date prévue pour le début des travaux d'injection, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen des échantillons représentatifs du coulis de nivellement qu'il prévoit utiliser. Aucun travail d'injection ne sera permis sans l'acceptation préalable de la formule de mélange du coulis de nivellement par l'Ingénieur.

6.36.7.1.3.2 Le coulis de nivellement doit être le produit *Sikagrout 212* fabriqué par Sika Canada inc. ou équivalent autorisé par l'Ingénieur.

#### 6.36.7.1.4 Béton de remplissage

6.36.7.1.4.1 Les niches d'ancrage doivent être bétonnées suite à l'injection du coulis de précontrainte.

6.36.7.1.4.2 Le béton de remplissage des niches d'ancrage doit être de type autoplaçant en sac, le produit *Sikacrete-08* SCC fabriqué par Sika Canada inc. ou équivalent autorisé par l'Ingénieur.

#### 6.36.7.2 INSPECTION ET ENTREPOSAGE

6.36.7.2.1 Les barres en acier à haute résistance et leurs accessoires doivent être protégés contre la corrosion et autres dommages lors de leur manutention, transport, entreposage et mise en place.

6.36.7.2.2 L'Ingénieur pourra refuser l'utilisation de tout matériau qu'il juge endommagé ou inadéquat pour l'utilisation auquel il est destiné.

#### 6.36.7.3 ÉQUIPEMENT ET OUTILLAGE

6.36.7.3.1 Tous les équipements utilisés pour les travaux de démolition, de mise en tension et d'injection de coulis doivent être conformes à l'article 6.36.5.3 *Équipement et outillage* de la présente sous-section.

#### 6.36.7.4 EXÉCUTION DES TRAVAUX

##### 6.36.7.4.1 Planification des travaux

6.36.7.4.1.1 Au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux visés par la présente sous-section, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen les dessins d'atelier et la procédure d'installation des barres en acier à haute résistance, des dispositifs d'ancrages, des plaques d'appui, des écrous et de toutes les pièces et ferrures nécessaires pour effectuer les dits travaux incluant, sans toutefois s'y limiter :

6.36.7.4.1.1.1 la méthode et la séquence envisagées pour la mise en tension;

6.36.7.4.1.1.2 les spécifications techniques des matériaux et des équipements;

6.36.7.4.1.1.3 le détail des éléments de post-tension en acier, acier d'armature et des barres en acier à haute résistance;

6.36.7.4.1.1.4 les dispositifs d'ancrage;

6.36.7.4.1.1.5 les forces de tension;

6.36.7.4.1.1.6 les calculs d'allongement;

6.36.7.4.1.1.7 les pertes;

6.36.7.4.1.1.8 les équipements et les matériaux d'injection de coulis;

6.36.7.4.1.1.9 le détail des orifices de sortie d'air;

- 6.36.7.4.1.1.10 toute autre donnée pertinente aux fins des travaux.
- 6.36.7.4.1.2 Au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux de forage, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen un plan de localisation des barres en acier à haute résistance.
- 6.36.7.4.1.3 Toutes les notes de calcul, procédures et autres documents doivent être signés et scellés par un ingénieur de l'**Entrepreneur** membre de l'OIQ.
- 6.36.7.4.1.4 L'**Entrepreneur** ne peut pas commencer la fabrication et l'installation des éléments de post-tension avant d'avoir obtenu l'autorisation préalable de l'Ingénieur.
- 6.36.7.4.2 Démolition de niches
- 6.36.7.4.2.1 Avant d'entreprendre la démolition de niches, l'**Entrepreneur** doit déplacer les drains conformément à la sous-section 6.21 *Démolition et enlèvement*.
- 6.36.7.4.2.2 La démolition de niches doit également se faire conformément à la sous-section 6.21 *Démolition et enlèvement*.
- 6.36.7.4.3 Forage
- 6.36.7.4.3.1 Au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux de forage, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen la description détaillée de la méthode et de la procédure de forage, précisant le type d'équipement utilisé, le type de forage exécuté, les procédures de nettoyage des forages, les matériaux utilisés accompagnés de leurs fiches techniques, les croquis nécessaires à la compréhension et toute autre information jugée nécessaire ou requise par l'Ingénieur.
- 6.36.7.4.3.2 L'**Entrepreneur** est responsable de la méthode de forage utilisée.
- 6.36.7.4.3.3 L'**Entrepreneur** doit forer les trous avec un carottier au diamant.
- 6.36.7.4.3.4 L'inclinaison de chaque trou doit présenter un écart maximal de  $\pm 2^\circ$  par rapport à l'horizontalité indiquée aux dessins. Les déviations admissibles pour les trous de forage sont restreintes, dans toutes les directions, à 2% de la longueur forée par rapport à la position théorique des trous.
- 6.36.7.4.3.5 Suite au forage, l'Ingénieur procédera à la vérification de l'intérieur du trou afin de s'assurer qu'aucun dommage n'a été causé aux éléments en place.

#### 6.36.7.4.4 Mise en place et mise en tension

6.36.7.4.4.1 Toute opération de mise en tension doit être supervisée, en tout temps sur le chantier, par l'ingénieur de l'**Entrepreneur** membre de l'OIQ et possédant au moins dix (10) années d'expérience pertinente dans le domaine du renforcement par post-tension. À défaut de se conformer à l'une de ces exigences, l'**Entrepreneur** ne pourra procéder, aux travaux de mise en tension.

6.36.7.4.4.2 L'**Entrepreneur** doit aviser l'Ingénieur au moins vingt-quatre (24) heures avant l'insertion des barres dans les forages, afin qu'il puisse procéder à l'inspection des barres et s'assurer que les barres, la protection contre la corrosion et les accessoires sont conformes aux indications aux dessins et devis, aux notes de calcul et aux recommandations du fabricant. Les barres qui ne rencontrent pas ces exigences seront déclarées non conformes. Le cas échéant, les non-conformités doivent être corrigées ou la barre non conforme doit être remplacée, le tout aux frais de l'**Entrepreneur**.

6.36.7.4.4.3 L'utilisation de marteaux mécaniques, pneumatiques ou hydrauliques est interdit pour la mise en place des barres d'ancrage dans les trous de forage. Si la barre d'ancrage ne peut être introduite dans le trou par gravité ou par poussée, la barre doit être retirée et le trou de forage doit être nettoyé.

6.36.7.4.4.4 La mise en tension des barres en acier à haute résistance doit être effectuée par des personnes possédant au moins cinq (5) années d'expérience pertinente dans ce domaine. Une preuve de compétence des personnes proposées doit être soumise à l'Ingénieur avant le début des travaux de mise en tension.

6.36.7.4.4.5 L'**Entrepreneur** doit exécuter les travaux de mise en tension conformément aux recommandations du fabricant des matériaux de précontrainte. Ces travaux doivent être exécutés en présence de l'ingénieur de l'**Entrepreneur**.

6.36.7.4.4.6 L'**Entrepreneur** doit mettre en tension les barres en acier à haute résistance lorsque la résistance à la compression du coulis de nivellement a atteint au moins 25 MPa.

#### 6.36.7.4.5 Injection de coulis

6.36.7.4.5.1 L'**Entrepreneur** doit protéger les barres en acier à haute résistance par injection de coulis sur la longueur totale des trous de forage.

6.36.7.4.5.2 La mise en tension des barres en acier à haute résistance doit être complétée avant l'injection du coulis.

6.36.7.4.5.3 Aucun travail d'injection ne sera permis sans l'examen préalable de la formule de mélange du coulis par l'Ingénieur.

- 6.36.7.4.5.4 L'**Entrepreneur** doit utiliser des plaques d'acier comportant des orifices d'injection à une extrémité des barres rigides et des orifices d'évent et de sortie d'air à l'autre extrémité, pour empêcher que de l'air demeure emprisonné dans les trous de forage.
- 6.36.7.4.5.5 L'acier doit être exempt de toute saleté, rouille, huile, graisse ou autres substances nuisibles lorsqu'il est enrobé de coulis.
- 6.36.7.4.5.6 Le coulis doit être gâché en volume de façon à ce que le laps de temps qui s'écoule entre le malaxage et le pompage du coulis n'excède pas la plus petite valeur entre la limite recommandée par le fabricant du fluidifiant et quarante (40) minutes. L'**Entrepreneur** ne peut pas procéder à un deuxième gâchage d'un même volume de coulis.
- 6.36.7.4.5.7 La température du coulis au moment de l'injection doit se situer entre 16°C et 27°C.
- 6.36.7.4.5.8 Si les travaux d'injection ne peuvent maintenir un écoulement unidirectionnel, l'**Entrepreneur** doit immédiatement nettoyer les trous à fond conformément à l'article 6.8.7 *Coulis* de la norme CAN/CSA A23.1.
- 6.36.7.4.5.9 L'**Entrepreneur** doit garder à portée de la main un approvisionnement constant en eau et en air comprimé à haute pression lors de l'injection du coulis.

#### 6.36.7.5 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

- 6.36.7.5.1 L'ingénieur de l'**Entrepreneur** doit s'assurer que les détails de la méthode de travail examinée par l'Ingénieur sont appliqués en toute sécurité et qu'aucune improvisation sur le chantier ne compromet l'intégrité de l'ouvrage.
- 6.36.7.5.2 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.
- 6.36.7.5.3 Au moins quatorze (14) jours avant la mise en tension, l'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur les valeurs d'allongement des barres en acier à haute résistance et lui indiquer l'effort maximal de mise en tension admissible. L'ingénieur de l'**Entrepreneur** doit consigner les valeurs réelles d'allongement des barres en acier, la pression exercée par les vérins et la perte de tension aux ancrages, s'il y a lieu.
- 6.36.7.5.4 L'**Entrepreneur** doit vérifier périodiquement la précision du manomètre du vérin en le comparant à un autre manomètre monté sur le système.
- 6.36.7.5.5 L'écart permis par rapport à la force de post-tension prescrite doit être d'au plus 5%.

- 6.36.7.5.6 La tension dans les barres en acier doit être déterminée par la mesure de leur allongement et contre-vérifiée continuellement au moyen du manomètre du vérin.
- 6.36.7.5.7 L'**Entrepreneur** doit exécuter la mise en tension et limiter celle-ci de façon à obtenir une force effective de précontrainte indiquée aux dessins.
- 6.36.7.5.8 Les relevés de l'allongement de la post-tension, les lectures d'efforts de traction au manomètre du vérin et du glissement des barres en acier à haute résistance doivent être acceptés par l'Ingénieur.
- 6.36.7.5.9 Une copie du rapport de mise en tension signée par l'ingénieur de l'**Entrepreneur**, membre de l'OIQ, doit être transmise à l'Ingénieur à la fin des travaux de mise en tension.

## **6.36.8 PRÉCONTRAINTE PAR L'AJOUT DE POST-TENSION DES DALLES DE TABLIER**

### 6.36.8.1 MATÉRIAUX

- 6.36.8.1.1 L'**Entrepreneur** est responsable du choix des produits utilisés et de leur performance une fois mis en place.
- 6.36.8.1.2 Suite à une inspection conjointe des éléments structuraux par l'ingénieur spécialisé en précontrainte de l'**Entrepreneur** et l'Ingénieur, l'**Entrepreneur** peut apporter les modifications aux matériaux ou aux détails d'installation qu'il estime nécessaires, avec l'autorisation écrite préalable de l'Ingénieur.
- 6.36.8.1.3 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.
- 6.36.8.1.4 Armature de précontrainte
- 6.36.8.1.4.1 Torons gainés-graissés
- 6.36.8.1.4.1.1 Sauf indication contraire aux dessins, tous les torons de post-tension en acier doivent être des torons à basse relaxation de nuance 1 860 MPa, conformément aux normes ASTM A416/A416M et ASTM A421/A421M.
- 6.36.8.1.4.1.2 Pour chaque livraison de câbles de précontrainte au chantier, tous les câbles de précontrainte 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.
- 6.36.8.1.4.1.3 Si les torons ne sont pas de provenance canadienne ou américaine, l'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur les preuves de conformité des propriétés physiques et chimiques par des essais effectués par un laboratoire membre de l'AFG.

- 6.36.8.1.4.1.4 La composition des câbles de précontrainte, soit le nombre de torons et leur diamètre, doit être conforme aux indications aux dessins.
- 6.36.8.1.4.1.5 L'**Entrepreneur** ne doit pas faire de joints ou d'épissures dans les torons.
- 6.36.8.1.4.2 Têtes d'ancrage et cônes d'ancrage
- 6.36.8.1.4.2.1 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.
- 6.36.8.1.4.2.2 Les cônes d'ancrage et les matériaux connexes à chaque extrémité des câbles d'acier doivent être d'un type recommandé par le fabricant des têtes d'ancrage et autorisés par l'Ingénieur.
- 6.36.8.1.4.3 Gaines
- 6.36.8.1.4.3.1 Les gaines pour torons de post-tension doivent être des tuyaux en PEHD à parois lisses et être le produit *Fusolene* fabriqué par Plasti-Drain Ltée ou équivalent autorisé par l'Ingénieur. Elles doivent être munies de raccords à manchons et d'adaptateurs appropriés, afin qu'elles puissent être raccordées conformément aux recommandations du fabricant.
- 6.36.8.1.4.3.2 Les tuyaux en PEHD doivent être capables de supporter des pressions minimales de 1 000 kPa.
- 6.36.8.1.4.3.3 Tous les raccords et épissures de gaines doivent être fusionnés.
- 6.36.8.1.4.4 Coulis d'injection
- 6.36.8.1.4.4.1 Au moins quatorze (14) jours avant la date prévue pour le début des travaux d'injection, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen des échantillons représentatifs du ciment et du fluidifiant qu'il prévoit utiliser. Aucun travail d'injection ne sera permis sans l'acceptation préalable de la formule de mélange du coulis par l'Ingénieur.
- 6.36.8.1.4.4.2 Le coulis d'injection utilisé doit être conforme à la norme 3901 du MTQ.
- 6.36.8.1.4.4.3 La résistance à la compression du coulis doit être supérieure à 20 MPa après sept (7) jours, et à 35 MPa après vingt-huit (28) jours. La résistance à la compression 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. Les essais sont effectués par le Laboratoire du Propriétaire, aux frais de ce dernier.
- 6.36.8.1.4.4.4 Le coulis doit être composé de ce qui suit :
- 6.36.8.1.4.4.4.1 de ciment de type GU;

- 6.36.8.1.4.4.2 du fluidifiant expansible, *Intraplast-N* fabriqué par Sika Canada inc. ou équivalent autorisé par l'Ingénieur, utilisé dans la proportion recommandée par le fabricant;
- 6.36.8.1.4.4.3 d'eau nécessaire pour obtenir le rapport eau/ciment minimal, qui doit être de 0,4, et produire les résistances à la compression indiquées au paragraphe 6.36.8.1.4.4.3;
- 6.36.8.1.4.4.4 d'une teneur en air variant entre 5 et 7%.
- 6.36.8.1.4.4.5 L'**Entrepreneur** ne doit pas incorporer de chlorure de calcium dans le coulis ou tout autre adjuvant qui en contient.
- 6.36.8.1.4.4.6 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 dix-huit (18) et vingt-deux (22) secondes.
- 6.36.8.1.4.4.7 Lorsque le coulis est laissé au repos pendant quinze (15) minutes, il ne doit pas se produire de ressuage ni de ségrégation.
- 6.36.8.1.4.4.8 Au moment de la prise initiale du coulis, soit sur une période de trois (3) heures, le coulis doit se dilater de 8% par rapport à son volume initial.

#### 6.36.8.2 INSPECTION ET ENTREPOSAGE

- 6.36.8.2.1 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, le contact direct avec le sol, les intempéries et la condensation.
- 6.36.8.2.2 En particulier, les torons gainés graissés doivent être protégés adéquatement jusqu'à ce qu'ils soient enrobés de coulis.
- 6.36.8.2.3 L'Ingénieur peut refuser l'utilisation de tout matériau qu'il juge endommagé ou inadéquat pour l'utilisation auquel il est destiné.

#### 6.36.8.3 ÉQUIPEMENT ET OUTILLAGE

- 6.36.8.3.1 Tous les équipements utilisés pour les travaux de mise en tension et d'injection de coulis doivent être conformes à l'article 6.36.5.3 *Équipement et outillage* de la présente sous-section.

## 6.36.8.4 EXÉCUTION DES TRAVAUX

### 6.36.8.4.1 Planification des travaux

6.36.8.4.1.1 Au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux de post-tension, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen les fiches techniques et un échantillon de chacun des matériaux suivants : toron d'acier, barre en acier à haute résistance, 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 supplémentaires pour le **Propriétaire**. L'**Entrepreneur** doit également soumettre à l'Ingénieur pour examen les dessins illustrant la séquence de mise en tension et la méthode d'injection du coulis.

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

6.36.8.4.1.3 Au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux de post-tension, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen le détail des systèmes, comprenant les dessins, les notes de calcul ainsi que toute autre information technique se rapportant au système qu'il prévoit utiliser pour la post-tension, incluant, sans toutefois s'y limiter :

6.36.8.4.1.3.1 la méthode et la séquence envisagées pour la mise en tension;

6.36.8.4.1.3.2 les spécifications complètes;

6.36.8.4.1.3.3 les détails des éléments de post-tension en acier (acier d'armature, barres en acier à haute résistance et supports de gaine);

6.36.8.4.1.3.4 les dispositifs d'ancrage (tête et cône d'ancrage);

6.36.8.4.1.3.5 les forces de tension;

6.36.8.4.1.3.6 les calculs d'allongement;

6.36.8.4.1.3.7 les pertes;

6.36.8.4.1.3.8 les équipements et les matériaux d'injection de coulis;

6.36.8.4.1.3.9 les détails des tuyaux en PEHD et des orifices de sortie d'air;

6.36.8.4.1.3.10 toute autre donnée pertinente ayant trait aux travaux de post-tension.

#### 6.36.8.4.2 Mise en place et mise en tension

6.36.8.4.2.1 Chaque opération de post-tension doit être supervisée, en tout temps sur le chantier, par un ingénieur membre de l'OIQ et possédant au moins dix (10) années d'expérience pertinente dans le domaine de la post-tension. À défaut de se conformer à cette exigence, l'**Entrepreneur** ne pourra procéder aux travaux de post-tension.

6.36.8.4.2.2 La mise en tension des nouveaux torons d'acier et des barres en acier à haute résistance doit être effectuée par des personnes possédant au moins cinq (5) années d'expérience pertinente dans ce domaine. Une preuve de compétence des personnes proposées doit être soumise à l'ingénieur avant le début des travaux de post-tension.

6.36.8.4.2.3 L'**Entrepreneur** doit exécuter les travaux de mise en tension conformément aux recommandations du fabricant des matériaux de précontrainte. Ces travaux doivent être exécutés en présence de l'ingénieur de l'**Entrepreneur**.

6.36.8.4.2.4 Les dispositifs d'ancrage doivent être positionnés de façon à ce que les torons soient centrés dans les gaines.

6.36.8.4.2.5 L'**Entrepreneur** doit prévoir une séquence de mise en tension graduelle, alternée des torons situés de part et d'autre des éléments à précontraindre.

6.36.8.4.2.6 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.

6.36.8.4.2.7 L'**Entrepreneur** doit mettre les torons d'acier sous tension conformément aux valeurs indiquées aux dessins. Dans tous les cas, les valeurs de mise en tension doivent être validées par l'ingénieur avant le début des travaux de post-tension.

#### 6.36.8.4.3 Injection de coulis

6.36.8.4.3.1 L'**Entrepreneur** doit protéger, par injection de coulis, les torons gainés et graissés sur la longueur totale des gaines.

6.36.8.4.3.2 La mise en tension des éléments de post-tension doit être complétée avant l'injection de coulis.

6.36.8.4.3.3 Aucun travail d'injection ne sera permis sans l'examen préalable de la formule du mélange de coulis par l'ingénieur.

6.36.8.4.3.4 L'**Entrepreneur** doit installer des tuyaux d'injection et des événements pour empêcher que de l'air demeure emprisonné dans les gaines.

6.36.8.4.3.5 L'injection de coulis doit toujours être réalisée à partir de l'extrémité inférieure des gaines pour éviter les risques d'air emprisonné.

- 6.36.8.4.3.6 Les torons doivent être exempts de toute saleté, huile, graisse ou autres substances nuisibles lorsqu'ils sont enrobés de coulis.
- 6.36.8.4.3.7 Le coulis doit être gâché en volume de façon à ce que le laps de temps qui s'écoule entre le malaxage et le pompage du coulis n'excède pas la limite recommandée par le fabricant du fluidifiant. L'**Entrepreneur** ne doit pas procéder à un deuxième gâchage d'un même volume de coulis.
- 6.36.8.4.3.8 L'intervalle entre le malaxage et le pompage du coulis ne doit pas excéder quarante (40) minutes.
- 6.36.8.4.3.9 La température du coulis au moment de l'injection doit se situer entre 16°C et 27°C.
- 6.36.8.4.3.10 Si les travaux d'injection ne peuvent maintenir un écoulement unidirectionnel, l'**Entrepreneur** doit immédiatement nettoyer à fond les tuyaux en PEHD et les gaines conformément à l'article 6.8.7 *Coulis* de la norme CAN/CSA A23.1.
- 6.36.8.4.3.11 L'**Entrepreneur** doit garder à portée de la main un approvisionnement constant en eau et en air comprimé à haute pression lors de l'injection de coulis.
- 6.36.8.4.4 Cachetage
- 6.36.8.4.4.1 Après la mise en tension finale, l'armature de précontrainte doit être coupée à la meule et enrobée entièrement de béton.
- 6.36.8.4.4.2 Toutes les niches doivent être comblées avec du béton de même type que celui utilisé pour la dalle.
- 6.36.8.4.4.3 Le béton de cachetage doit recouvrir les ancrages sur une épaisseur de 75 mm.
- 6.36.8.4.4.4 Le cachetage des ancrages doit être fait au plus tard sept (7) jours après l'injection de coulis.
- 6.36.8.4.4.5 Au moins vingt-quatre (24) heures suivant la fin de l'injection de coulis, les événements et les drains pour lesquels il n'y a pas de cachetage indiqué aux dessins doivent être coupés à une profondeur minimale de 25 mm, sans toutefois dépasser 50 mm.
- 6.36.8.4.4.6 Les trous laissés par l'enlèvement des événements et des drains doivent être comblés conformément à l'enlèvement des cônes de plastique des attaches de coffrages de la sous-section 6.32 *Coffrages*.

#### 6.36.8.5 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

- 6.36.8.5.1 L'ingénieur de l'**Entrepreneur** doit s'assurer que la méthode de mise en tension est appliquée en toute sécurité et qu'aucune improvisation sur le chantier ne compromet l'intégrité de l'ouvrage.
- 6.36.8.5.2 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.
- 6.36.8.5.3 Au moins quatorze (14) jours avant la mise en tension 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 torons et barres en aciers, la pression exercée par les vérins et la perte de tension aux ancrages, s'il y a lieu.
- 6.36.8.5.4 L'**Entrepreneur** doit vérifier périodiquement la précision du manomètre du vérin en le comparant à un autre manomètre monté sur le système.
- 6.36.8.5.5 L'écart permis par rapport à la force de post-tension prescrite doit être d'au plus 5%.
- 6.36.8.5.6 La tension dans les aciers doit être déterminée par la mesure de leur allongement vérifié continuellement au moyen du manomètre du vérin.
- 6.36.8.5.7 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 horizontal permet d'estimer ladite erreur.
- 6.36.8.5.8 L'**Entrepreneur** doit exécuter la mise en tension et limiter celle-ci de façon à obtenir une force effective de précontrainte indiquée aux dessins.
- 6.36.8.5.9 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.
- 6.36.8.5.10 Une copie du rapport de mise en tension signée par l'ingénieur de l'**Entrepreneur**, membre de l'OIQ, doit être transmise à l'ingénieur à la fin des travaux de mise en tension.

---

**FIN DE LA SOUS-SECTION**