

DOCUMENTS D'APPEL D'OFFRES

SOUS-SECTION 6.41 TRAVAUX D'ACIER

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
SOUS-SECTION 6.41 TRAVAUX D'ACIER.....	1
6.41.1 GÉNÉRALITÉS.....	1
6.41.2 UNITÉS DE MESURE.....	1
6.41.3 NORMES DE RÉFÉRENCE	1
6.41.4 MATÉRIAUX	4
6.41.5 PROVENANCE DE L'ACIER	8
6.41.6 GALVANISATION.....	12
6.41.7 DESSINS D'ATELIER.....	15
6.41.8 EXÉCUTION DES TRAVAUX	21
6.41.9 FABRICATION DE LA CHARPENTE D'ACIER D'UN TABLIER.....	29
6.41.10 MANUTENTION, TRANSPORT ET MONTAGE D'UNE CHARPENTE D'ACIER D'UN TABLIER DE PONT.....	33
6.41.11 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ.....	39
 ANNEXE 6.41-I : EXIGENCES POUR LE SERRAGE DES BOULONS	
ANNEXE 6.41-II : EXIGENCES POUR LA MISE EN TENSION DES BARRES EN ACIER À HAUTE RÉSISTANCE	

SOUS-SECTION 6.41 TRAVAUX D'ACIER

6.41.1 GÉNÉRALITÉS

- 6.41.1.1 La présente sous-section décrit les exigences relatives aux travaux d'acier prévus au présent Contrat.
- 6.41.1.2 Les exigences particulières, le cas échéant, concernant les travaux d'acier prévus au présent Contrat sont indiquées aux dessins et à la Section 4 *Conditions techniques particulières*.
- 6.41.1.3 Les exigences relatives aux travaux de peinture, le cas échéant, sont décrites à la sous-section 6.42 *Travaux de peinture*.

6.41.2 UNITÉS DE MESURE

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

Unité de mesure	Désignation	Symbole
contrainte, pression	mégapascal	MPa
longueur	mètre	m
longueur	millimètre	mm
longueur	micromètre	µm
pression	kilopascal	kPa
température	degré Celsius	°C

6.41.3 NORMES DE RÉFÉRENCE

- 6.41.3.1 L'**Entrepreneur** doit exécuter tous les travaux d'acier conformément aux exigences des normes et documents suivants auxquels s'ajoutent les prescriptions du présent Contrat :
- 6.41.3.1.1 (AASHTO) American Association of State Highway and Transportation Officials :
- AASHTO/AWS D1.5 *Bridge Welding Code*.
- 6.41.3.1.2 (ACNOR(CSA)) Association canadienne de normalisation :
- 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 S16 *Règles de calcul aux états limites des charpentes en acier;*

- CAN/CSA W47.1 *Certification des compagnies de soudage par fusion de l'acier;*
- CAN/CSA W48-F06 *Métaux d'apport et matériaux associés pour le soudage à l'arc;*
- CAN/CSA W59 *Construction soudée en acier (soudage à l'arc);*
- CAN/CSA W178.1 *Qualification des organismes d'inspection en soudage;*
- CAN/CSA W178.2 *Qualification des inspecteurs en soudage.*

6.41.3.1.3 (ANSI) American National Standards Institute / (NAAMM) National Association of Architectural Metal Manufacturers :

- ANSI/NAAMM MBG 531-00 *Metal Bar Grating Manual.*

6.41.3.1.4 (ASME) American Society of Mechanical Engineers:

- ASME B18.21.1 *Washers: Helical Spring-Lock, Tooth Lock, and Plain Washers (Inch Series).*

6.41.3.1.5 (ASTM) ASTM International :

- ASTM A53/A53M *Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless;*
- ASTM A108 *Standard Specification for Steel Bar, Carbon and Alloy, Cold-Finished;*
- 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 A153/153M *Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware;*
- ASTM A193/A193M *Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose Applications;*
- ASTM A307 *Standard Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60 000 PSI Tensile Strength;*
- ASTM A325 *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength;*
- ASTM A325M *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated 830 MPa Minimum Tensile Strength [Metric];*

- ASTM A434 *Standard Specification for Steel Bars, Alloy, Hot-Wrought or Cold-Finished, Quenched and Tempered;*
- ASTM A449 *Standard Specification for Hex Cap Screws, Bolts, and Studs, Steel, Heat Treated, 120/105/90 ksi Minimum Tensile Strength, General Use;*
- ASTM A490 *Standard Specification for Structural Bolts, Alloy Steel, Heat Treated, 150 ksi Minimum Tensile Strength;*
- ASTM A490M *Standard Specification for High-Strength Steel Bolts, Classes 10.9 and 10.9.3, for Structural Steel Joints [Metric];*
- ASTM A500/A500M *Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes;*
- ASTM A510/A510M *Standard Specification for General Requirements for Wire Rods and Coarse Round Wire, Carbon Steel;*
- ASTM A563 *Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts;*
- ASTM A563M *Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric];*
- ASTM A572/A572M *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium – Vanadium Structural Steel;*
- ASTM A722/A722M *Standard Specification for High-Strength Steel Bars for Prestressed Concrete;*
- ASTM A780/A780M *Standard Practice for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings;*
- ASTM A1011/A1011M *Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, and Ultra-High Strength;*
- ASTM F436 *Standard Specification for Hardened Steel Washers;*
- ASTM F436M *Standard Specification for Hardened Steel Washers [Metric];*
- ASTM F593 *Standard Specification for Stainless Steel Bolts, Hex Cap Screws, and Studs;*
- ASTM F594 *Standard Specification for Stainless Steel Nuts;*
- ASTM F1554 *Standard Specification for Anchor Bolts, Steel, 36, 55 and 105 ksi Yield Strength;*
- ASTM F1852 *Standard Specification for “Twist Off” Type Tension Control Structural Bolt/Nut/Washer Assemblies, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength.*

6.41.3.1.6 (MTQ) Ministère des Transports du Québec :

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

6.41.3.1.7 (ISO) Organisation internationale de normalisation :

- ISO 9001 *Système de management de la qualité.*

6.41.3.1.8 (SSPC) The Society for Protective Coatings :

- SSPC-SP 1 *Solvent Cleaning;*
- SSPC-SP 5/NACE No.1 *White Metal Blast Cleaning;*
- SSPC-SP 6/NACE No.3 *Commercial Blast Cleaning;*
- SSPC-SP 11 *Power Tool Cleaning to Bare Metal.*

6.41.4 MATÉRIAUX

6.41.4.1 GÉNÉRALITÉS

6.41.4.1.1 Les aciers de construction doivent être conformes à la norme CAN/CSA G40.21.

6.41.4.1.2 L'acier allié résistant aux intempéries doit être de type A, conformément à la norme CAN/CSA G40.21.

6.41.4.1.3 Les membrures à résistance critique à la rupture et les membrures principales tendues indiquées aux dessins doivent être en acier de type AT, WT ou QT, conformément à la norme CAN/CSA G40.21.

6.41.4.1.4 Pour les aciers et les électrodes de type AT, WT ou QT, les exigences thermiques et énergétiques pour l'essai de résilience Charpy doivent être conformes aux tableaux 10.12, 10.13, 10.14 et 10.15 de la norme CAN/CSA S6.

6.41.4.1.5 Tous les éléments en acier doivent être neufs et exempts de déformations, de rouille et de défauts tels que fissures, entailles, caniveaux, éclaboussures de soudure, crans ou arêtes vives.

6.41.4.1.6 Sauf indication contraire aux dessins, l'**Entrepreneur** doit s'assurer que les filets des boulons et tiges d'ancrage ne soient pas interceptés par les plans de cisaillement.

6.41.4.1.7 Les tolérances de fabrication des éléments d'acier doivent être conformes à la norme CAN/CSA S6.

6.41.4.2 ACIER DE CONSTRUCTION ET PROFILÉS CREUX

6.41.4.2.1 L'acier indiqué aux dessins doit posséder les caractéristiques suivantes :

6.41.4.2.1.1 l'acier des plaques et les membrures laminées doit être conforme à la norme CAN/CSA G40.21 et être de nuance 300W, 350W, 350WT ou 350AT;

- 6.41.4.2.1.2 les profilés creux de construction (Hollow Structural Sections-HSS) doivent être conformes à la norme CAN/CSA G40.21, de nuance 350W et de classe « H » ou conformes à la norme ASTM A500/A500M et de grade « C »;
- 6.41.4.2.1.3 l'acier des barres principales de caillebotis doit être conforme à la norme ASTM A1011/A1011M. L'acier des barres transversales de caillebotis doit être conforme à la norme ASTM A510. Les matériaux et la fabrication du caillebotis doivent être conformes à la norme ANSI/NAAMM MBG 531;
- 6.41.4.2.1.4 l'acier des tuyaux des garde-corps doit être conforme à la norme ASTM A53/A53M. L'acier des tuyaux de garde-corps doit avoir une limite élastique minimale de 207 MPa;
- 6.41.4.2.1.5 l'acier des pieux tubulaires et des pieux caissons doit être conforme à la norme CAN/CSA G40.21. Les tolérances dimensionnelles de fabrication des pieux doivent être conformes aux valeurs indiquées dans les tableaux 11, 12, 15 et 17 de la norme CAN/CSA G40.20;
- 6.41.4.2.1.6 l'acier des pieux profilés en H doit être conforme au tableau 7 *Propriété mécanique des profilés et des palplanches* de la norme CAN/CSA G40.21 ou être de grade 50 ou 55 conformément à la norme ASTM A572/A572M.

6.41.4.3 BOULONS, TIGES D'ANCRAGE, ÉCROUS ET RONDELLES EN ACIER

6.41.4.3.1 Les boulons indiqués aux dessins doivent être conformes aux normes suivantes :

6.41.4.3.1.1 ASTM A325 et ASTM A325M

- Type 1 : boulons en acier à moyenne teneur de carbone;
- Type 3 : boulons en acier à résistance améliorée à la corrosion.

6.41.4.3.1.1.1 Les filets des boulons doivent être roulés.

6.41.4.3.1.2 ASTM A490 et ASTM A490M

- Type 1 : boulons en acier allié;
- Type 3 : boulons en acier à résistance améliorée à la corrosion.

6.41.4.3.1.2.1 Les filets des boulons doivent être roulés.

6.41.4.3.1.3 ASTM F593

- Boulons en acier inoxydable, alliage 304 ou 305, destinés entre autres à l'installation d'une potence sur un fût;
- Boulons en acier inoxydable estampillés F593 C, D, G, H, L ou M.

- 6.41.4.3.1.4 ASTM F1852
- Type 1 : boulons en acier à moyenne teneur en carbone;
 - Type 3 : boulons en acier à résistance améliorée à la corrosion.
- 6.41.4.3.2 Les boulons et tiges d'ancrage indiqués aux dessins doivent être conformes aux normes suivantes :
- 6.41.4.3.2.1 ASTM A307
- Nuance A : boulons et tiges d'ancrage destinés à l'usage général;
 - Nuance B : boulons et tiges d'ancrage destinés à l'assemblage des joints mécaniques de la tuyauterie en fonte;
 - Nuance C : tiges d'ancrage, pliées ou droites, destinées aux ancrages structuraux.
- 6.41.4.3.2.2 ASTM A193/A139M
- Nuance B7 : tiges d'ancrage à haute résistance.
- 6.41.4.3.2.3 ASTM A434
- Nuance BB ou BC : tiges d'ancrage à haute résistance, en acier allié. La limite élastique minimale et la limite de rupture minimale doivent être conformes à la norme ASTM A449 en tenant compte des diamètres de tiges à fabriquer. La limite de rupture doit être inférieure à 1 000 MPa. Le soudage de cet acier est interdit. Les écrous doivent être de type DH conformément à la norme ASTM A563 ou A563M.
- 6.41.4.3.2.4 ASTM A449
- Type 1 : tiges d'ancrage à moyenne teneur en carbone. La limite de rupture doit être inférieure à 1 000 MPa. Le soudage de cet acier est interdit;
 - Boulons en acier à moyenne teneur en carbone. Les boulons à tête ronde, galvanisés à chaud, sont utilisés pour retenir les éléments de glissement en tubes d'acier.
- 6.41.4.3.2.5 CAN/CSA G40.21
- Acier de nuance 350W : destiné entre autres aux tiges d'ancrage des structures de signalisation et d'éclairage.
- 6.41.4.3.3 Les boulons en U indiqués aux dessins pour les structures de signalisation doivent être conformes à la norme suivante :
- 6.41.4.3.3.1 ASTM F593
- Boulons en acier inoxydable en alliage de la série 300.

- 6.41.4.3.4 Les écrous indiqués aux dessins, doivent être conformes aux normes suivantes :
- 6.41.4.3.4.1 ASTM A563 et ASTM A563M
- Les écrous à utiliser sont ceux identifiés comme « Recommended » au tableau X1.1 « Nut and Bolt Suitability Guide » de la norme précitée.
- 6.41.4.3.4.2 ASTM F594
- Écrous en acier inoxydable à utiliser pour les boulons et tiges filetées conformes à la norme ASTM F593.
- 6.41.4.3.5 Les spécifications des rondelles indiquées aux dessins doivent être conformes aux normes suivantes :
- 6.41.4.3.5.1 ASTM F436 et ASTM F436M
- Type 1 : rondelles en acier au carbone;
 - Type 3 : rondelles en acier à résistance améliorée à la corrosion.
- 6.41.4.3.5.2 ASME B18.21.1
- Rondelles standards;
 - Rondelles à ressort.
- 6.41.4.3.6 Les goujons de cisaillement doivent être conformes à la norme CAN/CSA S6.
- 6.41.4.3.7 Les écrous et les rondelles doivent avoir le même fini que les boulons et les tiges d'ancrage.
- 6.41.4.3.8 Les boulons ne doivent pas être réutilisés.
- 6.41.4.3.9 Les boulons métriques peuvent être remplacés par des boulons impériaux à condition que les écrous et rondelles ainsi que les outils utilisés soient de même calibre.
- 6.41.4.4 BARRES EN ACIER À HAUTE RÉSISTANCE
- 6.41.4.4.1 Les barres en acier à haute résistance doivent être neuves, avoir une contrainte nominale de rupture de 1030 MPa, et être conformes à la norme ASTM A722/A722M.
- 6.41.4.4.2 Tous les accessoires incluant les plaques d'ancrage, rondelles, écrous et coupleurs doivent également être fournis par le fabricant des barres en acier à haute résistance. Les plaques d'ancrage des barres en acier à haute résistance doivent être en acier de nuance 350W et conformes à la norme CAN/CSA G40.21.

6.41.4.4.3 Chaque lot de barres en acier à haute résistance livré au chantier doit avoir un numéro de lot individuel et porter une étiquette du fabricant, 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.

6.41.4.5 ÉLECTRODES DE SOUDAGE

6.41.4.5.1 Les électrodes de soudage doivent être des électrodes basiques conformes à la norme CAN/CSA W48.

6.41.4.5.2 L'entreposage et la préparation des électrodes doivent être conformes à la norme CAN/CSA W59.

6.41.4.6 MÉTALLISATION

6.41.4.6.1 Le procédé de métallisation doit être conforme à la norme ASTM A780/A780M.

6.41.4.6.2 L'épaisseur de zinc devra être d'au moins 250 µm.

6.41.5 PROVENANCE DE L'ACIER

6.41.5.1 ATTESTATION DE CONFORMITÉ

6.41.5.1.1 Acier de construction

6.41.5.1.1.1 Pour chaque livraison d'acier chez le fabricant, l'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur une attestation de conformité contenant l'information suivante pour chaque lot de production :

6.41.5.1.1.1.1 le nom de l'aciérie;

6.41.5.1.1.1.2 la date et le lieu de fabrication;

6.41.5.1.1.1.3 les dimensions nominales;

6.41.5.1.1.1.4 la nuance d'acier;

6.41.5.1.1.1.5 les exigences thermiques et énergétiques (essai de résilience Charpy);

6.41.5.1.1.1.6 le numéro de coulée;

6.41.5.1.1.1.7 les résultats des analyses et essais;

6.41.5.1.1.1.8 le numéro du lot de production.

- 6.41.5.1.1.2 Un lot de production doit être constitué de pièces d'acier de construction de même nuance, de même résilience, de mêmes dimensions et provenant de la même coulée.
- 6.41.5.1.2 Boulons, tiges d'ancrages, écrous et rondelles d'acier
- 6.41.5.1.2.1 Pour chaque livraison de boulons, de tiges d'ancrage, d'écrous et de rondelles en acier, l'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur une attestation de conformité contenant l'information suivante pour chaque lot de production de chacune des pièces :
- 6.41.5.1.2.1.1 le nom du fabricant;
 - 6.41.5.1.2.1.2 la date de fabrication;
 - 6.41.5.1.2.1.3 l'identification du marquage;
 - 6.41.5.1.2.1.4 les dimensions nominales;
 - 6.41.5.1.2.1.5 la nuance d'acier ou la désignation ASTM;
 - 6.41.5.1.2.1.6 le type, l'alliage ou le grade;
 - 6.41.5.1.2.1.7 le numéro de coulée;
 - 6.41.5.1.2.1.8 la conformité à l'essai de capacité de rotation pour les boulons galvanisés;
 - 6.41.5.1.2.1.9 les résultats des analyses et essais;
 - 6.41.5.1.2.1.10 l'information sur le revêtement;
 - 6.41.5.1.2.1.11 le numéro du lot de production. Pour les boulons assemblés, le numéro de lot de chacune des pièces, boulons, écrous et rondelles doit aussi être fourni.
- 6.41.5.1.2.2 Un lot de production doit être constitué de pièces, boulons, tiges d'ancrage, écrous et rondelles de même coulée d'acier, de mêmes dimensions et provenant de la même séquence d'opération.
- 6.41.5.1.3 Pour chaque livraison de goujons et au moins quatorze (14) jours avant leur utilisation, l'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur une attestation de conformité indiquant que les goujons sont conformes à la norme CAN/CSA S6 et qu'ils apparaissent sur la liste des bases de goujons qualifiées par le Bureau canadien de soudage (CWB).
- 6.41.5.1.4 Les échantillons ayant servi aux essais physiques doivent pouvoir être obtenus à l'aciérie en vue de leur inspection par l'Ingénieur.

6.41.5.2 ACIER DE STOCKAGE

- 6.41.5.2.1 Lorsque l'acier provient d'un stock, l'**Entrepreneur** doit confirmer la qualité des matériaux en fournissant à l'Ingénieur les estampilles et les certificats du fabricant attestant que l'acier répond aux exigences de la présente sous-section.
- 6.41.5.2.2 L'Ingénieur se réserve le droit de choisir des pièces pour qu'elles soient soumises à des essais aux frais de l'**Entrepreneur**.
- 6.41.5.2.3 À défaut de certificats d'essai en aciérie pour l'ensemble des aciers de stockage, l'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur un certificat attestant que l'acier est conforme aux exigences de la présente sous-section.

6.41.5.3 ACIER IMPORTÉ

- 6.41.5.3.1 L'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur une attestation de conformité aux exigences de la présente sous-section signée par un fournisseur canadien de l'acier reconnu, pour tout acier importé d'un autre pays que les États-Unis.

6.41.5.4 MARQUAGE DE L'ACIER

- 6.41.5.4.1 Les aciers de construction doivent être marqués conformément à la norme CAN/CSA G40.21.
 - 6.41.5.4.1.1 Dans le cas des produits comprenant plusieurs numéros de coulée, ces numéros doivent être fournis avec leur emplacement dans la pièce.
- 6.41.5.4.2 Dans le cas des pieux tubulaires et des pieux caissons, chaque tube doit être marqué conformément à la norme CAN/CSA G40.21.
- 6.41.5.4.3 Dans le cas des pieux profilés en H, chaque profilé doit être marqué conformément à la norme CAN/CSA G40.21 ou à la norme ASTM A572/A572M.
- 6.41.5.4.4 Les boulons, écrous, rondelles et tiges d'ancrage doivent être marqués conformément à la norme de référence régissant le produit.

6.41.5.5 MÉTHODES D'ESSAIS DE L'ACIER

- 6.41.5.5.1 Les essais sur l'acier doivent se faire conformément aux méthodes indiquées aux normes ASTM en vigueur applicable.
- 6.41.5.5.2 Les caractéristiques thermiques et énergétiques pour l'essai de résilience Charpy doivent être conformes à la norme CAN/CSA S6. La température d'essai « T_t » retenue pour l'essai de résilience Charpy doit être :
 - 6.41.5.5.2.1 de -20°C pour l'acier des membrures considérées comme des membrures principales tendues;

6.41.5.5.2.2 de -30°C pour le métal d'apport.

6.41.5.6 LIVRAISON, MANUTENTION ET ENTREPOSAGE

6.41.5.6.1 Au cours du façonnage, du transport et du montage, toutes les précautions nécessaires doivent être prises pour que les éléments en acier ne soient pas endommagés. L'**Entrepreneur** doit notamment veiller à ce qui suit :

6.41.5.6.1.1 ne pas entailler les arêtes des éléments;

6.41.5.6.1.2 ne pas soumettre les éléments à des contraintes excessives;

6.41.5.6.1.3 fournir et mettre en place toutes les cales de protection requises lors du transport, du levage et de l'entreposage des éléments;

6.41.5.6.1.4 veiller à ce qu'aucune partie d'un élément en acier n'entre en contact avec le sol;

6.41.5.6.1.5 protéger les pièces et leur revêtement de protection contre toute altération.

6.41.5.7 CONTRÔLE DE RÉCEPTION

6.41.5.7.1 L'Ingénieur se réserve le droit d'effectuer un contrôle de réception sur les éléments d'acier conformément à la norme CAN/CSA G40.21.

6.41.5.7.1.1 La dimension des plaques ou des profilés doit être suffisante pour permettre le prélèvement d'échantillons de 200 mm sur 75 mm; la dimension de 200 mm doit se situer dans le sens du laminage.

6.41.5.7.1.2 Le marquage du numéro de coulée sur les pièces découpées à partir de plaques doit être effectué en présence de l'Ingénieur.

6.41.5.7.1.3 Un contrôle de réception doit être fait pour les boulons soumis à un serrage par rotation de l'écrou.

6.41.5.7.1.4 Pour chaque lot de production de boulons assemblés de même désignation ASTM, même type, mêmes dimensions, mêmes caractéristiques anticorrosives et même coulée d'acier pour chacune des composantes, l'**Entrepreneur** doit vérifier, en présence de l'Ingénieur, la tension minimale exigée sur au moins trois (3) boulons assemblés, boulon, écrou et rondelle conformément aux conditions de pose prévues dans la procédure de boulonnage soumise. Ces vérifications doivent être faites à l'aide d'un appareil d'étalonnage pouvant mesurer la tension des boulons et être réalisées avant le début de la mise en place des boulons d'un lot.

- 6.41.5.7.1.5 Lors du contrôle de réception des boulons, l'**Entrepreneur** doit utiliser, dans l'appareil d'étalonnage, des fourrures en acier suffisamment rigides pour ne pas se déformer lors du serrage. Ces fourrures doivent être les plus épaisses possibles, de façon à réduire le nombre de fourrures au minimum. De plus, les fourrures en acier doivent être parfaitement en contact entre elles et être choisies de façon à ce que l'extrémité du boulon excède l'écrou d'environ 3 mm. L'utilisation de boulons assemblés au lieu des fourrures est interdite.
- 6.41.5.7.1.6 Le prélèvement des échantillons de boulons, écrous et tiges d'ancrage par l'Ingénieur doit consister en trois (3) pièces de même type.

6.41.6 GALVANISATION

6.41.6.1 GÉNÉRALITÉS

- 6.41.6.1.1 Le procédé utilisé pour la galvanisation des pièces métalliques doit être la galvanisation à chaud.
- 6.41.6.1.2 La galvanisation des éléments en acier doit être effectuée conformément aux normes ASTM A123/A123M et ASTM A143/A143M.
- 6.41.6.1.2.1 Toutefois, l'épaisseur minimale de galvanisation pour les tubes utilisés notamment dans les dispositifs de retenue en acier pour ouvrages d'art, les glissières de sécurité, les drains et les joints de tablier doit être de 100 um.
- 6.41.6.1.2.2 Toutes les pièces en acier à être installées de façon permanente doivent être galvanisées, si elles ne sont pas destinées à recevoir un revêtement de peinture ou tout autre revêtement, conformément aux indications aux dessins.
- 6.41.6.1.3 La galvanisation des boulons et des tiges d'ancrage doit être conforme à la norme ASTM A153/153M ou à la norme ASTM A123/A123M, à l'exception des boulons qui doit être conforme à la norme ASTM F1852.
- 6.41.6.1.4 La galvanisation des écrous doit être conforme à la norme ASTM A563 ou la norme ASTM A563M.
- 6.41.6.1.5 La galvanisation des rondelles doit être conforme à la norme ASTM F436 ou la norme ASTM F436M.
- 6.41.6.1.6 Les boulons conformes à la norme ASTM A490 ou la norme ASTM A490M ne doivent pas être galvanisés et ne doivent pas avoir de revêtement électrolytique (électroplaque).
- 6.41.6.1.7 Les tiges d'ancrage doivent être soit entièrement ou partiellement galvanisées sur la partie filetée.
- 6.41.6.1.8 Les pièces boulonnées doivent être galvanisées avant l'assemblage.

6.41.6.2 PRÉPARATION DES SURFACES

6.41.6.2.1 Les surfaces à galvaniser doivent être propres et exemptes de peinture, de graisse, de rouille et de toute autre saleté. Les dépôts de résidus provenant des travaux de soudage, la calamine et les dépôts de peinture ou de rouille épais doivent être enlevés par des procédés appropriés. Le décapage final doit être fait par immersion dans une solution caustique, suivi d'un rinçage à l'eau claire et d'une immersion dans un bain d'acide sulfurique ou chlorhydrique dilué. Après le décapage, les pièces doivent être immergées dans une solution aqueuse de chlorure de zinc et d'ammonium.

6.41.6.3 ASSEMBLAGES EN MÉTAUX DIFFÉRENTS

6.41.6.3.1 Dans le cas d'un assemblage de pièces de métal à être galvanisé, l'**Entrepreneur** doit vérifier si la nature des composantes et la configuration de l'assemblage peuvent représenter des problèmes au niveau de la masse et des épaisseurs de revêtement exigées, et appliquer, lorsque requis, la préparation de surface suivante :

6.41.6.3.1.1 Les pièces coulées en métaux différents formant un même assemblage, la fonte, l'acier, la fonte malléable et aciers de différentes compositions et surfaces ne pouvant permettre un revêtement uniforme de l'assemblage complet doivent être grenillées avant la galvanisation.

6.41.6.4 LIVRAISON, MANUTENTION ET ENTREPOSAGE

6.41.6.4.1 Pour chaque livraison d'éléments en acier galvanisé, l'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur une attestation de conformité contenant l'information suivante pour chaque lot de production :

6.41.6.4.1.1 le nom de l'entreprise de galvanisation;

6.41.6.4.1.2 la date et le lieu de la galvanisation;

6.41.6.4.1.3 l'épaisseur du revêtement;

6.41.6.4.1.4 l'adhérence du revêtement;

6.41.6.4.1.5 la qualité du revêtement.

6.41.6.4.2 Les pièces galvanisées venant en contact avec le matériel de levage, les câbles et les chaînes, doivent être protégées adéquatement. Le cas échéant, des élingues non métallisées doivent être utilisées.

- 6.41.6.4.3 L'**Entrepreneur** doit protéger les pièces galvanisées contre tout dommage pendant leur manipulation et leur entreposage. L'entreposage des pièces galvanisées doit être fait de façon à ce que l'air circule entre les pièces, que l'eau ne s'accumule pas, s'égoutte librement et qu'il n'y ait aucun contact métal contre métal entre les pièces galvanisées. Au moment de l'installation des pièces galvanisées, l'**Entrepreneur** doit s'assurer qu'il n'y ait pas de rouille blanche sur celles-ci.
- 6.41.6.5 RÉPARATION APRÈS LA GALVANISATION
- 6.41.6.5.1 L'**Entrepreneur** doit enlever la graisse et l'huile sur les éléments en acier galvanisés endommagés au solvant conformément à la norme SSPC-SP 1.
- 6.41.6.5.2 Les surfaces endommagées d'une largeur allant jusqu'à 5 mm et d'une longueur allant jusqu'à 100 mm doivent être réparées en appliquant, au pinceau, deux (2) couches de peinture riche en zinc, conformément à la norme ASTM A780/A780M. Les surfaces endommagées doivent être préalablement nettoyées conformément à la norme SSPC-SP 11. L'épaisseur totale minimale du feuil sec de revêtement doit être de 130 µm.
- 6.41.6.5.3 Les surfaces endommagées d'une largeur excédant 5 mm et d'une longueur excédant 100 mm doivent être regalvanisées ou réparées par métallisation. Dans ce dernier cas, les surfaces endommagées doivent être préalablement nettoyées conformément à la norme SSPC-SP 5 ou la norme SSPC-SP 11. L'épaisseur minimale du revêtement métallisé doit être de 10 µm.
- 6.41.6.5.4 Les surfaces galvanisées qui ont été endommagées au cours de leur transport ou lors de leur installation doivent être réparées à la satisfaction de l'Ingénieur au moyen d'un des produits de galvanisation à froid suivants ou équivalent autorisé par l'Ingénieur :
- 6.41.6.5.4.1 *ZCR Cold Galvanizing Compound*, distribué par Méta-plus pour Kerry Industries;
- 6.41.6.5.4.2 *LPS Cold Galvanize*, distribué par Motion Industries;
- 6.41.6.5.4.3 *Galvicon*, distribué par Méta-plus pour Kerry Industries;
- 6.41.6.5.4.4 *Rust Anode*, distribué par Galvatech 2000.
- 6.41.6.5.5 Les produits de galvanisation doivent être appliqués au pinceau. L'utilisation d'enduits riches en zinc sous forme d'aérosol est interdite.
- 6.41.6.5.6 Les produits de galvanisation à froid à haute teneur en zinc doivent uniquement être appliqués sur du métal tout à fait propre et sec. L'**Entrepreneur** doit enlever la graisse et l'huile à l'aide de solvants avant d'appliquer le produit à haute teneur en zinc. L'**Entrepreneur** doit appliquer deux (2) couches d'épaisseur de feuil sec d'au moins 100 µm.

6.41.6.5.7 Les soudures doivent être nettoyées du flux et protégées avec deux (2) couches d'un des produits de galvanisation à froid énumérés au paragraphe 6.41.6.5.4.

6.41.6.6 PERÇAGE DANS LES ÉLÉMENTS GALVANISÉS

6.41.6.6.1 Le perçage de trous dans les membrures en acier galvanisé doit être effectué suite à la galvanisation, lorsque la pièce doit être fixée selon le patron de boulonnage existant sur l'ouvrage. Tous les trous doivent être peints avec un produit de galvanisation à froid, conformément au paragraphe 6.41.6.5 de la présente sous-section. Le produit de galvanisation à froid doit être sec avant l'assemblage.

6.41.6.6.2 Le perçage des appareils d'appui galvanisés au chantier est interdit.

6.41.7 DESSINS D'ATELIER

6.41.7.1 TRAVAUX GÉNÉRAUX D'ACIER

6.41.7.1.1 Au moins quatorze (14) jours avant toute commande de matériel et toute fabrication de pièces, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur, pour examen, les dessins d'atelier et les notes de calcul détaillées des nouveaux ouvrages et éléments d'acier, signés et scellés par un ingénieur membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ) possédant au moins cinq (5) années d'expérience pertinente en calcul de structures d'acier.

6.41.7.1.2 Les dessins d'atelier doivent inclure, sans s'y limiter, les informations suivantes :

6.41.7.1.2.1 la description des méthodes de travail, des contreventements et des renforcements temporaires, des étapes de montage ainsi que du type d'équipement proposé pour le transport et le montage des éléments en acier de construction;

6.41.7.1.2.2 les principales dimensions, l'emplacement des différentes pièces et leur marque d'identification;

6.41.7.1.2.3 tous les détails de façonnage et de montage, y compris les joints réalisés en atelier, les coupes, les contre-profilés, les assemblages, les percements, les plaques d'appui, les ancrages filetés et les rivets;

6.41.7.1.2.3.1 L'**Entrepreneur** doit clairement identifier les trous à percer au chantier et les trous à percer en atelier.

6.41.7.1.2.4 les calculs et dessins des supports, étaielements et renforts temporaires proposés conformément à l'article 6.41.8.2 *Supports, étaielements et renforts temporaires* de la présente sous-section. Les charges de conception doivent être indiquées aux dessins d'atelier;

- 6.41.7.1.2.5 le numéro de la procédure de soudage et le type de contrôle non destructif des soudures dans la queue du symbole du soudage pour chaque assemblage soudé;
- 6.41.7.1.2.6 le détail de la disposition et de l'espacement des boulons.
- 6.41.7.1.3 Les documents énonçant les procédures de soudage et les feuilles de données doivent être approuvés et porter le sceau du CWB et être signés et scellés par un ingénieur membre de l'OIQ ayant les qualifications décrites au paragraphe 6.41.7.1.1 de la présente sous-section.
- 6.41.7.1.4 L'**Entrepreneur** ne peut apporter quelque modification aux matériaux ou aux détails de construction indiqués aux dessins d'atelier examinés par l'Ingénieur sans obtenir au préalable l'autorisation écrite de l'Ingénieur.
- 6.41.7.1.5 Toutes les cotes et dimensions indiquées aux dessins doivent être considérées comme étant approximatives.
- 6.41.7.1.6 Avant de préparer ses dessins d'atelier, l'**Entrepreneur** doit procéder à un relevé détaillé en chantier de tous les éléments existants afin de déterminer leurs dimensions exactes et valider les cotes et la position des trous d'assemblage indiqués aux dessins. L'**Entrepreneur** doit procéder à ce relevé à tous les endroits où un même détail s'applique.
- 6.41.7.1.7 L'**Entrepreneur** doit noter que les dimensions des éléments d'acier et la disposition des boulons et des rivets peuvent varier d'un endroit à l'autre pour chaque nouvelle construction et pour chaque réparation où le même détail est indiqué aux dessins.
- 6.41.7.1.8 Si, à la suite du relevé détaillé des pièces, les dimensions obtenues diffèrent fortement de celles indiquées aux dessins ou si les conditions réelles ne permettent pas l'exécution des travaux tels qu'indiqués aux dessins, l'**Entrepreneur** doit en aviser l'Ingénieur et suivre ses directives.
- 6.41.7.1.9 Le fait que les documents ou éléments mentionnés aux paragraphes qui précèdent soient examinés par l'Ingénieur ne dégage pas l'**Entrepreneur** de sa responsabilité en vertu du présent Contrat incluant, sans s'y limiter, sa responsabilité quant à la fourniture des matériaux et du matériel appropriés, l'adoption de méthodes d'exécution convenables et l'assurance d'une bonne qualité d'exécution des travaux.
- 6.41.7.2 CHARPENTE D'ACIER POUR NOUVEAU TABLIER
- 6.41.7.2.1 Au moins quatorze (14) jours avant la réunion de fabrication, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur, pour examen, les dessins d'atelier de la charpente d'acier du nouveau tablier.

- 6.41.7.2.1.1 Les dessins d'atelier doivent notamment détailler les joints de chantier des poutres principales et situer leur emplacement, s'ils ne sont pas indiqués aux dessins. Une note de calcul ainsi que les détails des joints de chantier des poutres principales non indiqués aux dessins doivent être transmis à l'Ingénieur avant la préparation des dessins d'atelier. La note de calcul doit être signée et les dessins montrant les détails des joints doivent être signés et scellés par un ingénieur membre de l'OIQ.
- 6.41.7.2.1.2 Le numéro de la feuille de données de la procédure de soudage et le type de contrôle non destructif des soudures doivent être indiqués aux dessins d'atelier et, dans le cas des soudures réalisées en chantier, aux dessins de montage.
- 6.41.7.2.1.3 Une fois la fabrication de la charpente d'acier terminée, l'**Entrepreneur** doit fournir les dessins d'atelier dans lesquels est inscrit le numéro de coulée de chacune des pièces entrant dans la fabrication des poutres principales, des membrures principales tendues et des autres membrures à résistance critique à la rupture.
- 6.41.7.2.2 Au moins quatorze (14) jours avant le montage en chantier de la charpente d'acier du nouveau tablier, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur, pour examen, les dessins de montage.
- 6.41.7.2.2.1 Les dessins et les calculs du procédé de montage décrivant la méthode de mise en place des composants de l'ouvrage ainsi que la localisation et la capacité du matériel utilisé doivent être conformes à la norme CAN/CSA S6, sauf indication contraire aux dessins.
- 6.41.7.2.2.2 Ces documents doivent inclure les contreventements et les ouvrages temporaires requis pour résister aux efforts pendant la construction et pour maintenir les composants de l'ouvrage en place jusqu'à l'achèvement des travaux de montage, de façon à assurer la stabilité des poutres en empêchant tout déplacement latéral et longitudinal des semelles inférieures et supérieures. L'**Entrepreneur** doit réaliser une étude de stabilité et de résistance afin de s'assurer que les efforts temporaires attribuables au montage de l'ouvrage ou de toute partie de l'ouvrage et ceux produits pendant la coulée du béton de la dalle, y compris les efforts consécutifs au vent, n'occasionnent pas des contraintes supérieures aux contraintes permises, ni des conditions d'instabilité de l'ouvrage, incluant les appareils d'appui.
- 6.41.7.2.2.3 L'**Entrepreneur** doit considérer tous les efforts qui surviennent aux différentes étapes des travaux de construction conformément à la norme CAN/CSA S269.1, y compris les efforts attribuables au vent établis en fonction d'une période de retour de dix (10) ans, d'un coefficient de rafale (C_g) de 2 et d'un coefficient de pression extérieure horizontale (C_p) de 2. Dans le cas d'un pont d'étagement, pour tenir compte des surcharges locales générées par la circulation sous le pont, les pressions de calcul du vent doivent être augmentées de 0,24 kPa perpendiculairement à l'ouvrage.

- 6.41.7.2.3 Au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux de boulonnage de la charpente d'acier du nouveau tablier au chantier, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur, pour examen, la procédure de boulonnage des éléments.
- 6.41.7.2.3.1 La procédure de boulonnage doit décrire la méthode utilisée par l'**Entrepreneur** au chantier pour la mise en place des boulons. Cette procédure doit inclure, sans toutefois s'y limiter, la description de l'équipement employé à chaque étape du serrage et, pour les joints de chantier des poutres principales, elle doit préciser la méthode d'ajustement des sections de poutres, ainsi que la séquence de mise en place et de serrage des boulons. Le certificat d'étalonnage de l'appareil servant à mesurer la tension des boulons doit aussi être joint à la procédure de boulonnage. Ce certificat doit inclure, sans s'y limiter, l'information relative au modèle de l'appareil et au numéro de série, et doit dater de moins de douze (12) mois.
- 6.41.7.2.4 Au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux de fabrication de la charpente d'acier et des travaux de soudage en usine, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur, pour examen, tous les documents suivants relatifs à la fabrication et au soudage en usine incluant, sans toutefois s'y limiter :
- 6.41.7.2.4.1 l'échéancier de fabrication;
- 6.41.7.2.4.2 la liste des personnes affectées à la fabrication et leur qualification, y compris les cartes de compétences du personnel effectuant les soudures, ingénieurs, inspecteurs en soudage, superviseurs en soudage, soudeurs, pointeurs, opérateurs de machine à souder et responsables du contrôle de la qualité;
- 6.41.7.2.4.3 le certificat de qualification de l'entreprise responsable des travaux de soudage;
- 6.41.7.2.4.4 le nom du laboratoire d'inspection en soudage responsable d'effectuer les examens non destructifs;
- 6.41.7.2.4.5 les procédures de soudage, incluant celles des goujons et celles pour les corrections et les réparations, ainsi que les feuilles de données approuvées par le CWB. Ces documents doivent être signés et scellés par un ingénieur membre de l'OIQ. Les méthodes concernant notamment la séquence de soudage, le contrôle de la distorsion, le préchauffage, le post-chauffage, le chauffage entre les passes et la spécification des cordons, lorsque les soudures sont effectuées dans des conditions où des efforts de contraction ou de distorsion peuvent diminuer la résistance ou déformer des membrures, doivent faire partie des procédures de soudage. Ces méthodes doivent être établies par l'**Entrepreneur** conformément à la norme CAN/CSA W59 ou à la norme CAN/CSA W59.2 et doivent être soumises à l'Ingénieur pour examen;
- 6.41.7.2.4.6 la liste des ouvrages en acier conçus conformément à la norme CAN/CSA S6 que le fabricant de la charpente d'acier a réalisés au cours des cinq (5) dernières années;

- 6.41.7.2.4.7 la liste des travaux que le fabricant de la charpente d'acier a réalisés au cours des cinq (5) dernières années en utilisant le procédé de soudage à l'arc submergé SAW pour les soudures d'angles à la jonction semelle-âme des poutres principales.
- 6.41.7.2.5 Au moins quatorze (14) jours avant le transport des poutres de l'usine au chantier, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen les documents relatifs au transport des poutres incluant, sans toutefois s'y limiter :
- 6.41.7.2.5.1 les documents relatifs au système de support des poutres à âme pleine lorsque ces dernières ne peuvent pas être transportées en position verticale. L'**Entrepreneur** doit remettre à l'Ingénieur pour examen les documents relatifs au système de support qui détaillent les points d'appui de chaque poutre. Ces documents doivent être signés et scellés par ingénieur membre de l'OIQ et consistent en une note de calcul et un plan de système de support. La note de calcul doit présenter les résultats d'une analyse de stabilité et de résistance afin de s'assurer que les efforts appliqués à la poutre durant le transport, attribuables au poids propre combiné à un coefficient de majoration dynamique de 100% n'occasionnent pas de contraintes supérieures aux contraintes permises ni des conditions d'instabilité. De plus, les contraintes ne doivent pas excéder la limite des écarts des contraintes à amplitude constante (F_{srt}) associée à la catégorie de détail de fatigue qui gouverne la conception de la poutre. La longueur maximale du porte-à-faux ne doit pas excéder douze (12) fois la largeur de la plus petite semelle de la poutre;
- 6.41.7.2.5.2 l'**Entrepreneur** doit s'assurer que la conception des poutres principales soit conforme à la norme CAN/CSA S6.
- 6.41.7.2.6 La conception des soudures doit satisfaire aux exigences suivantes, sans toutefois s'y limiter :
- 6.41.7.2.6.1 les soudures bout à bout dans une semelle en traction et dans l'âme des profilés soudés (WWF et WRF) et des poutres assemblées ne doivent pas être situées aux endroits où les contraintes sont maximales;
- 6.41.7.2.6.2 la distance minimale entre un raidisseur transversal et une soudure bout à bout dans une semelle ou dans l'âme doit être de 150 mm;
- 6.41.7.2.6.3 la distance minimale entre le bord d'un trou de boulon et une soudure bout à bout dans une semelle ou dans l'âme doit être de 125 mm;
- 6.41.7.2.6.4 une soudure bout à bout dans une semelle pour les profilés soudés WWF et WRF et pour les poutres assemblées ne doit pas être située à moins de 300 mm d'une soudure bout à bout dans l'âme;

- 6.41.7.2.6.5 pour les poutres et les sections de poutres d'une longueur inférieure à 20 m, les plaques des semelles et de l'âme doivent être d'une seule longueur, sans joints. Lorsque cette longueur est supérieure à 20 m, une seule soudure bout à bout dans les semelles et dans l'âme est permise, excluant celles requises par un changement d'épaisseur des semelles;
- 6.41.7.2.6.6 l'âme d'une poutre fabriquée à partir de plaques d'une largeur égale ou inférieure à 3 800 mm ne doit pas avoir de joints longitudinaux;
- 6.41.7.2.6.7 les soudures bout à bout et les soudures longitudinales sur une pièce en aluminium sont interdites;
- 6.41.7.2.6.8 les assemblages soudés des structures de signalisation ou d'éclairage, entre un poteau et une semelle d'ancrage doivent être réalisés en emboîtant le poteau dans la semelle d'ancrage et en effectuant deux (2) soudures d'angle périphériques. Dans le cas des assemblages en aluminium, un repoussage des parois du poteau doit être effectué contre le bord de la semelle d'ancrage. L'écart entre le poteau et le bord intérieur de la semelle d'ancrage doit être de 0,5 mm sur tout le pourtour. Ces assemblages peuvent également être réalisés par des soudures périphériques à pénétration complète avec une soudure d'angle comme surépaisseur de soudure sur préparation.
- 6.41.7.2.7 La conception des joints de chantier des poutres principales doit satisfaire aux exigences suivantes, sans toutefois s'y limiter :
- 6.41.7.2.7.1 les joints de chantier des poutres principales non indiqués aux dessins sont interdits pour des ponts à travées simples dont la portée est inférieure à 36 m;
- 6.41.7.2.7.2 les joints ne doivent pas être situés aux endroits où les contraintes sont maximales. Si les efforts ne sont pas indiqués aux dessins, l'Ingénieur remettra à l'**Entrepreneur** les valeurs des efforts à l'emplacement du joint;
- 6.41.7.2.7.3 les joints doivent être fabriqués comme des assemblages antiglissements. Les surfaces de contact des pièces boulonnées doivent être de classe A pour les surfaces en acier non recouvertes;
- 6.41.7.2.7.4 l'acier des plaques de joints et des fourrures doit être de même limite élastique, de même nuance et de même résilience que l'acier des poutres;
- 6.41.7.2.7.5 le joint dans l'âme doit être conforme aux exigences suivantes, sans toutefois s'y limiter :
- 6.41.7.2.7.5.1 en plus du cisaillement, l'**Entrepreneur** doit tenir compte, dans le calcul de l'assemblage, de la part du moment prise par l'âme;
- 6.41.7.2.7.5.2 l'effort tranchant doit être réparti uniformément sur tous les boulons;

- 6.41.7.2.7.5.3 aux états limite ultimes, selon la distance entre les deux (2) boulons extrêmes d'une file verticale, un facteur de réduction doit être appliqué à la résistance au cisaillement des boulons;
- 6.41.7.2.7.5.4 le centre de rotation de l'assemblage doit être le même que le centre de gravité des boulons;
- 6.41.7.2.7.5.5 l'assemblage étant excentrique en cisaillement, le moment causé par l'excentricité de l'effort tranchant doit être considéré en plus de la part du moment prise par l'âme;
- 6.41.7.2.7.5.6 l'effort de cisaillement sur chaque boulon doit être obtenu par addition vectorielle des forces causées par l'effort tranchant, par le moment provenant de l'effort tranchant et par la part du moment prise par l'âme.

6.41.8 EXÉCUTION DES TRAVAUX

6.41.8.1 GÉNÉRALITÉS

- 6.41.8.1.1 L'**Entrepreneur** doit fournir toute la main-d'œuvre, la machinerie, l'équipement, l'outillage et les ouvrages temporaires pour la fabrication et l'installation des éléments d'acier conformément aux dessins et devis.
- 6.41.8.1.2 Tous les éléments doivent être assemblés et installés par des travailleurs possédant un certificat de compétence compagnon monteur-assembleur de la Commission de la construction du Québec (CCQ) et possédant au moins cinq (5) années d'expérience pertinente dans le domaine de l'érection de structures d'acier.
- 6.41.8.1.3 Les nouveaux éléments doivent être fabriqués de façon à assurer un assemblage parfait avec les éléments existants à conserver.
 - 6.41.8.1.3.1 Si des éléments existants doivent être redressés pour assurer un assemblage parfait, le redressement doit se faire à froid. Le redressement à chaud est interdit.
- 6.41.8.1.4 Il est interdit de modifier ou de souder au chantier les pièces d'acier qui ont été fabriquées en atelier. Toute pièce modifiée ou soudée au chantier devra être démantelée et remplacée par une nouvelle pièce fabriquée en atelier.
- 6.41.8.1.5 L'**Entrepreneur** ne doit pas endommager ou souiller les éléments adjacents aux zones des travaux et il doit réparer, redresser et nettoyer, à la satisfaction de l'Ingénieur, tout élément et pièce qui a été affecté par les travaux.

- 6.41.8.1.6 Lors du remplacement de divers éléments en acier, lorsque les détails d'assemblage ne sont pas indiqués aux dessins, les nouveaux assemblages doivent être identiques aux assemblages existants quant aux dimensions et au nombre de boulons ou rivets. Les rivets doivent toutefois être remplacés par des boulons de même diamètre ou d'un diamètre d'au plus 2 mm.
- 6.41.8.2 SUPPORTS, ÉTAIEMENTS ET RENFORTS TEMPORAIRES
- 6.41.8.2.1 L'**Entrepreneur** doit s'assurer que les méthodes de travail utilisées pour le remplacement des pièces d'acier ne mettent pas en péril la résistance ou la stabilité des pièces ou l'intégrité de la structure dans son ensemble.
- 6.41.8.2.2 Avant de procéder à l'enlèvement des rivets ou des boulons retenant les pièces à remplacer ou à désassembler, l'**Entrepreneur** doit fournir et installer tous les supports, étaitements et renforts temporaires requis pour assurer la continuité de la résistance et la stabilité de la structure ainsi qu'un cheminement adéquat des efforts vers les éléments résistants et les fondations. Ces dispositifs de support et de renforcement temporaires doivent demeurer en place jusqu'à ce que les nouvelles pièces soient installées de façon permanente.
- 6.41.8.2.3 Les dessins des ouvrages d'étalement temporaire soumis doivent être signés et scellés par un ingénieur membre de l'OIQ.
- 6.41.8.2.4 L'**Entrepreneur** a l'entière responsabilité de la conception, de la fourniture, de l'entretien et de l'enlèvement de tous les supports et dispositifs temporaires.
- 6.41.8.2.5 Les supports et dispositifs temporaires doivent être conçus conformément à la norme CAN/CSA S6. Les supports temporaires doivent être conçus pour reprendre le poids propre des parties supportées ainsi que toute autre charge présente ou susceptible d'être appliquée à la structure.
- 6.41.8.2.6 Les pièces de renfort requises pour compenser temporairement l'absence ou pour permettre le désassemblage de membrures de contreventements et autres membrures susceptibles de reprendre des charges de compression ou de tension doivent être conçues de façon à offrir la même capacité en compression ou en tension que la membrure remplacée ou temporairement désassemblée.
- 6.41.8.2.7 Les attaches et renforts temporaires requis pour compenser le désassemblage partiel de l'extrémité de membrures doivent être conçus de façon à offrir une résistance correspondant à la capacité des éléments désassemblés incluant, sans s'y limiter, les rivets, boulons et plaques.
- 6.41.8.2.8 Après l'installation de renforts temporaires et avant de procéder à l'enlèvement des pièces d'acier de l'ouvrage pour lesquelles le renfort temporaire a été effectué, l'ingénieur concepteur de l'**Entrepreneur** doit émettre un rapport d'inspection certifiant que les renforts temporaires sont indiqués aux dessins des ouvrages provisoires. L'inspection des installations temporaires doit être réalisée en présence de l'Ingénieur.

6.41.8.2.9 Pour la conception des supports, des étaitements et des soutènements, tous les efforts incluant les effets de flexion, de cisaillement et de torsion doivent être considérés.

6.41.8.3 PRÉPARATION DES SURFACES

6.41.8.3.1 Les surfaces d'acier existantes qui seront en contact avec du nouvel acier doivent être nettoyées conformément à la norme SSPC-SP 11 en vue de l'application par l'**Entrepreneur** d'une couche de peinture primaire à l'interface et pour l'obtention d'un meilleur coefficient de friction.

6.41.8.3.2 Les surfaces d'acier galvanisées doivent venir en contact entre elles lors de l'assemblage boulonné doivent être nettoyées manuellement à la brosse métallique de façon à enlever l'apparence lustrée sans toutefois affecter le revêtement de zinc.

6.41.8.3.3 Les bords coupés des plaques et des membrures d'acier doivent être lisses et exempts de fissures, de creux et de cassures. Les bavures et les déformations doivent être enlevées par meulage. Dans le cas des pièces à peindre ou à métalliser, les arêtes vives doivent être arrondies selon un rayon d'au moins 1,5 mm.

6.41.8.4 DÉCOUPAGE ET PERÇAGE

6.41.8.4.1 Le découpage et le perçage des pièces métallique au chalumeau sur le chantier sont interdits.

6.41.8.4.2 Le découpage par cisaillement n'est permis que pour les tôles de 20 mm d'épaisseur et moins, lorsque l'acier a une limite d'élasticité nominale inférieure à 350 MPa, et n'est permis que pour les tôles de 16 mm et moins lorsque l'acier a une limite d'élasticité nominale égale ou supérieure à 350 MPa.

6.41.8.4.3 Le découpage au chalumeau en usine doit être fait à l'aide de guides mécaniques. Les travaux doivent se faire de façon continue, sans arrêt-départ, de façon à obtenir une surface de coupe régulière.

6.41.8.4.4 Les méthodes de découpage d'acier au chantier doivent être soumises à l'Ingénieur, pour examen, avant les travaux.

6.41.8.4.4.1 La coupe au chalumeau des extrémités de pieux pour la préparation des assemblages bout à bout n'est permise que dans la mesure où la méthode utilisée par l'**Entrepreneur** est compatible avec la procédure de soudage utilisée.

6.41.8.4.5 Les trous doivent être forés ou réalisés par procédé de cisaillement ou par un procédé à froid équivalent autorisé par l'Ingénieur.

- 6.41.8.4.6 Pour les assemblages réalisés au chantier, les trous doivent être percés à la mèche au diamètre final à l'aide d'un gabarit métallique.
- 6.41.8.4.7 Tous les trous réalisés en usine ou en chantier doivent être percés avec précision perpendiculairement à la surface.
- 6.41.8.4.8 Les trous des boulons dans les matériaux neufs nécessaires aux ajustements d'alignement et d'élévation doivent être réalisés en atelier et avoir une forme oblongue.
- 6.41.8.5 ENLÈVEMENT DE RIVETS
- 6.41.8.5.1 L'**Entrepreneur** doit effectuer l'enlèvement des rivets en respectant les exigences suivantes et en s'assurant que les matériaux existants à conserver ne soient pas endommagés :
- 6.41.8.5.1.1 remplacer les rivets un à la fois;
- 6.41.8.5.1.2 cisailer la tête du rivet avec une cisaille pneumatique et enlever la tige du rivet avec un poinçon pneumatique et/ou par percement avec une perceuse magnétique. L'**Entrepreneur** doit s'assurer que la tête du rivet projetée lors de l'opération est récupérée;
- 6.41.8.5.1.3 il est interdit de couper la tête du rivet au chalumeau à moins d'obtenir l'autorisation de l'Ingénieur;
- 6.41.8.5.1.4 réparer, remplacer ou remettre à neuf les ouvrages d'acier endommagés par les travaux à la satisfaction de l'Ingénieur;
- 6.41.8.5.1.5 la méthode de serrage utilisée pour le remplacement d'un rivet par un boulon à haute résistance doit être la méthode de serrage par rotation de l'écrou.
- 6.41.8.5.2 Pour les travaux de remplacement de rivets par des boulons, l'**Entrepreneur** doit prévoir que les trous des pièces en acier ne sont pas parfaitement alignés. Certains trous des pièces existantes devront être alésés pour permettre la pose des boulons.
- 6.41.8.5.3 Le diamètre des rivets à remplacer par des boulons est indiqué aux dessins à titre indicatif. Le diamètre exact des rivets à remplacer doit être déterminé par l'**Entrepreneur** lors de l'enlèvement des rivets. Le diamètre des boulons à utiliser en remplacement doit être équivalent à celui des rivets à remplacer.
- 6.41.8.5.3.1 L'**Entrepreneur** doit informer l'Ingénieur des diamètres des trous suite à l'enlèvement des rivets.

6.41.8.6 INSTALLATION DE BOULONS À HAUTE RÉSISTANCE EN TRACTION

- 6.41.8.6.1 L'installation des boulons à haute résistance doit être conforme à la norme ASTM A325 ou ASTM A490, ainsi qu'aux indications aux dessins.
- 6.41.8.6.2 Les trous de boulons devant être forés dans les matériaux neufs et qui doivent s'aligner à des trous existants doivent être percés à froid en atelier à un diamètre inférieur de 6 mm à la dimension finale indiquée aux dessins et être alésés au chantier à la grandeur finale nécessaire après l'alignement et l'assemblage.
- 6.41.8.6.2.1 Si l'erreur d'alignement dépasse 6 mm, l'acier neuf ne sera pas accepté et devra être réparé ou remplacé par l'**Entrepreneur** sans frais additionnels pour le **Propriétaire**.
- 6.41.8.6.2.2 Le diamètre des trous finis ne doit pas être de plus de 2 mm que celui des boulons qu'ils doivent recevoir.
- 6.41.8.6.3 Les nouveaux trous dans les matériaux existants doivent être forés à l'aide d'un gabarit.
- 6.41.8.6.4 Sauf indication contraire aux dessins, les trous de boulons dans les matériaux neufs nécessaires aux ajustements d'alignement et d'élévation doivent être forés en atelier et avoir une forme oblongue.
- 6.41.8.6.5 Les trous doivent être alignés au moyen de chevilles et les pièces doivent être maintenues assemblées par un nombre suffisant de boulons de pré-assemblage. Un maximum de 20% des trous d'un même joint peuvent être alignés à l'aide de chevilles.
- 6.41.8.6.6 Tous les trous de boulons ou de rivets demeurant vides après la mise en place des nouveaux matériaux doivent être remplis de boulons à haute résistance, neufs et de dimension appropriée.
- 6.41.8.6.7 Sauf indication contraire aux dessins, les écrous doivent être installés du côté le moins apparent de la charpente d'acier.
- 6.41.8.6.8 L'installation et le serrage des boulons à haute résistance doivent être effectués conformément à la procédure fournie à l'Annexe 6.41-I *Exigences pour le serrage des boulons* de la présente sous-section.
- 6.41.8.6.9 Dans le cas où l'**Entrepreneur** utilise des boulons qui sont serrés sans contrôle au moment de leur mise en place, pour permettre, par exemple, l'ajustement de pièces à assembler ou pour servir de boulons temporaires, l'**Entrepreneur** doit prévoir remplacer ces boulons par d'autres boulons neufs dans les assemblages finaux.

- 6.41.8.6.10 L'**Entrepreneur** doit, au besoin avant le boulonnage final, installer des fourrures entre les nouveaux éléments d'acier et les membrures existantes de façon à assurer un contact parfait entre tous les éléments.
- 6.41.8.6.11 Tout boulon qui est desserré après le serrage final doit être remplacé par un nouveau boulon.
- 6.41.8.6.12 L'extrémité filetée des boulons doit excéder la face extérieure de l'écrou après le serrage de l'écrou.
- 6.41.8.6.13 Sauf indication contraire aux dessins ou de l'Ingénieur, l'**Entrepreneur** doit installer des rondelles conformément à ce qui suit :
- 6.41.8.6.13.1 une rondelle durcie sous la partie tournée;
- 6.41.8.6.13.2 une rondelle durcie sous la partie en contact avec l'acier existant, que cette partie soit tournée ou non;
- 6.41.8.6.13.3 les rondelles doivent être biseautées au besoin afin d'assurer un contact parfait entre tous les éléments;
- 6.41.8.6.13.4 les boulons doivent être peints au chantier après avoir été dégraissés lorsque la peinture est utilisée comme revêtement de protection. Aussi, les boulons A490 et A490M, lorsqu'utilisés, doivent être peints au chantier après avoir été dégraissés;
- 6.41.8.6.13.5 l'**Entrepreneur** doit installer une rondelle à chaque extrémité des boulons d'un assemblage comportant un trou surdimensionné.
- 6.41.8.6.14 Tous les boulons temporaires doivent être marqués à la peinture rouge.
- 6.41.8.7 INSTALLATION DES BARRES EN ACIER À HAUTE RÉSISTANCE
- 6.41.8.7.1 La mise en tension des barres en acier à haute résistance doit être faite conformément à l'Annexe 6.41-II *Exigences pour la mise en tension des barres en acier à haute résistance* de la présente sous-section.
- 6.41.8.7.2 La mise en tension 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.
- 6.41.8.7.3 L'ingénieur de l'**Entrepreneur** doit s'assurer que les détails de la méthode de mise en tension des barres en acier à haute résistance examinée par l'Ingénieur sont appliqués en toute sécurité et qu'aucune improvisation sur le chantier ne compromette l'intégrité de l'ouvrage.

- 6.41.8.7.4 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.
- 6.41.8.7.5 L'**Entrepreneur** doit fournir à l'Ingénieur les valeurs d'allongement des barres 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 aciers, la pression exercée par les vérins, si applicable, et la perte de tension aux ancrages, s'il y a lieu.
- 6.41.8.7.6 L'**Entrepreneur** doit vérifier périodiquement la précision du manomètre du vérin, en le comparant à un autre manomètre monté sur le système.
- 6.41.8.7.7 L'écart permis par rapport à la force de post-tension prescrite ne doit pas excéder 5%.
- 6.41.8.7.8 La tension dans les aciers doit être déterminée par la mesure de leur allongement vérifiée continuellement au moyen du manomètre du vérin ou par tout autre système proposé par l'**Entrepreneur**.
- 6.41.8.7.9 L'**Entrepreneur** doit déterminer l'erreur au point zéro de traction du vérin, si applicable, 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.
- 6.41.8.7.10 L'**Entrepreneur** doit exécuter la mise en tension et limiter celle-ci, de façon à obtenir une force effective de précontrainte indiquée aux dessins et aux valeurs spécifiées par l'Ingénieur.
- 6.41.8.7.11 Les relevés de l'allongement de la post-tension et les lectures d'efforts de traction et du glissement des câbles doivent être acceptés par l'Ingénieur avant l'acceptation des travaux.
- 6.41.8.7.12 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.

6.41.8.8 SOUDAGE

- 6.41.8.8.1 Le soudage en atelier doit être conforme à la norme CAN/CSA W59.
- 6.41.8.8.2 L'**Entrepreneur** ou ses sous-traitants, le cas échéant, qui exécutent des travaux de soudage doivent être certifiés par le CWB conformément à la norme CAN/CSA W47.1. Les divisions 1 ou 2 sont exigées pour les charpentes métalliques en acier. Cependant, la division 3 est suffisante pour les joints de tablier, les drains, les drains d'interface, les glissières, les garde-fous, ainsi que pour les soudures d'étanchéité des joints d'assemblage boulonnés des joints de tablier.

- 6.41.8.8.3 Le certificat de qualification doit être obtenu avant le début de la fabrication en usine et, le cas échéant, des travaux de soudage au chantier indiqués aux dessins, et la certification doit être maintenue pendant toute la durée de la fabrication ou des travaux en chantier.
- 6.41.8.8.4 Les soudeurs, les pointeurs et les opérateurs de machine à souder doivent détenir des cartes de compétences adéquates selon la position de soudage, le type d'électrodes utilisées et le procédé de soudage employé. Ces cartes de compétence doivent être délivrées par le CWB conformément à la norme CAN/CSA W47.1. Les soudeurs doivent posséder un minimum de cinq (5) années d'expérience pertinente en soudage.
- 6.41.8.8.5 Lorsque les soudures sont effectuées dans des conditions où des efforts de contraction ou de distorsion peuvent diminuer la résistance ou déformer des membrures, l'**Entrepreneur** doit soumettre les méthodes suivantes à l'Ingénieur, pour examen :
- 6.41.8.8.5.1 une méthode donnant le détail de la séquence de soudage;
- 6.41.8.8.5.2 les méthodes utilisées pour le contrôle de la distorsion incluant, sans s'y limiter, le préchauffage, le post-chauffage, le chauffage entre les passes et la spécification des cordons, conformément à la norme CAN/CSA W59.
- 6.41.8.8.6 L'**Entrepreneur** doit fournir le détail des préparations particulières sur les bords de certaines plaques pour leur soudage afin d'assurer la conformité aux normes spécifiées.
- 6.41.8.8.7 Les soudures d'angle doivent avoir la grosseur minimale prescrite à la norme CAN/CSA S6 et doivent être indiquées aux dessins d'atelier soumis par l'**Entrepreneur**.
- 6.41.8.8.8 Les soudures aux éléments d'acier existants de la structure sont interdites, sauf pour le remplacement ou l'ajout de plaques d'assise.
- 6.41.8.8.9 Sauf indication contraire aux dessins, l'**Entrepreneur** ne doit effectuer aucun soudage de quelque nature que ce soit en chantier sans le consentement écrit de l'Ingénieur, et alors, uniquement de la façon et aux endroits désignés par l'Ingénieur.
- 6.41.8.8.10 Avant le soudage, les surfaces d'acier doivent être nettoyées jusqu'au métal nu, en incluant, si requis, la galvanisation. Après le soudage, l'**Entrepreneur** doit enlever les défauts de surface et meuler les arêtes vives. Après le soudage, l'**Entrepreneur** doit s'assurer de l'enlèvement complet du flux et des éclaboussures de soudure et retoucher, le cas échéant, les soudures avec un enduit riche en zinc.
- 6.41.8.8.11 Les soudures doivent être réalisées avant le peinturage, la galvanisation ou la métallisation.

6.41.8.8.12 Suite aux travaux de soudage, les surfaces d'acier attenantes doivent être brossées afin d'enlever toutes les éclaboussures et les projections de soudage non adhérentes fermement au métal.

6.41.9 FABRICATION DE LA CHARPENTE D'ACIER D'UN TABLIER

6.41.9.1 GÉNÉRALITÉS

6.41.9.1.1 Sauf indication contraire aux dessins, la fabrication de la charpente d'acier d'un tablier doit être conforme à la norme CAN/CSA S6.

6.41.9.1.2 À chaque étape importante de la fabrication, l'Ingénieur doit examiner les rapports établissant la conformité aux dessins et à la norme applicable, l'assemblage des semelles à l'âme, la pose des raidisseurs et le perçage des pièces, avant le passage à l'étape subséquente.

6.41.9.1.3 Dans le cas des poutres pour lesquelles aucune cambrure n'est indiquée aux dessins, l'**Entrepreneur** doit s'assurer que la cambrure résultant des tolérances permises de fabrication est atténuée par les charges permanentes.

6.41.9.1.4 Les poutres assemblées à âme pleine ne doivent pas être cambrées ni cintrées à chaud.

6.41.9.1.5 Les contreventements, les diaphragmes et les plaques des joints d'assemblage doivent être identifiés, de façon à pouvoir les repérer facilement lors du montage de l'ouvrage en chantier.

6.41.9.1.6 Avant le départ des pièces de l'usine, les surfaces d'acier de l'ouvrage fabriqué en acier de type A ou AT qui n'ont pas été recouvertes d'un procédé de protection anticorrosion doivent être nettoyées conformément à la norme SSPC-SP 6/NACE N°3.

6.41.9.1.7 Une réunion préalable à la fabrication des poutres assemblées regroupant les représentants de l'**Entrepreneur**, du fabricant et l'Ingénieur, doit être tenue dans les locaux de l'usine du fabricant, au moins quatorze (14) jours avant le début de la fabrication. Dans le cas où le fabricant confie une partie ou la totalité de la fabrication à un ou plusieurs sous-traitants, une réunion préalable doit avoir lieu à l'usine de chacun de ces sous-traitants, regroupant les mêmes personnes en plus des représentants desdits sous-traitants. L'ordre du jour doit comporter une visite de l'usine et la remise des documents requis. La réunion avec le fabricant ne doit avoir lieu qu'une fois les dessins d'atelier revus par l'Ingénieur et, le cas échéant, après la remise à l'Ingénieur de la liste des sous-traitants du fabricant.

6.41.9.2 DÉCOUPAGE

6.41.9.2.1 En usine, le découpage des plaques au chalumeau, au laser ou au plasma doit être réalisé à l'aide de guides mécaniques. Les travaux de découpage doivent se faire de façon continue, sans arrêt-départ, de façon à obtenir une surface de coupe régulière, conformément aux spécifications et limites d'utilisation de la méthode de découpage.

- 6.41.9.2.2 Les bavures et les déformations doivent être enlevées par meulage. Dans le cas des pièces à peindre ou à métalliser, les arêtes vives doivent aussi être arrondies selon un rayon de 1,5 mm. Les bords oxycoupés des pièces à peindre ou à métalliser doivent être meulés ou traités de façon à diminuer la dureté de la surface durcie par la chaleur de la coupe afin d'obtenir une adhérence de revêtement conforme.
- 6.41.9.2.3 Le marquage du numéro de coulée sur les pièces découpées à partir de plaques doit être effectué en présence de l'ingénieur.
- 6.41.9.3 PERÇAGE
- 6.41.9.3.1 Le perçage au chalumeau est interdit.
- 6.41.9.3.2 Les trous poinçonnés au diamètre final ne sont permis que pour les plaques ayant une épaisseur de 16 mm et moins lorsque l'acier a une limite d'élasticité égale ou inférieure à 350 MPa. Par contre, pour les joints de chantier des poutres principales, les trous des poutres et des plaques doivent être faits par perçage à la mèche. Dans le cas des assemblages réalisés sur le chantier, les trous doivent être percés à la mèche au diamètre final à l'aide d'un gabarit métallique.
- 6.41.9.3.3 Toutes les ébarbures et autres déformations sur le pourtour des trous doivent être enlevées afin de permettre le contact parfait entre les pièces à assembler. Les parties déjà assemblées doivent être démontées pour permettre ces travaux.
- 6.41.9.3.4 Tous les trous doivent être percés avec précision, perpendiculairement à la surface. Les pièces percées seront rejetées si les exigences suivantes ne sont pas respectées lors de l'assemblage à l'usine :
- 6.41.9.3.4.1 avant tout alésage, 75% des trous situés dans le même plan doivent laisser passer librement une cheville d'assemblage cylindrique d'un diamètre de 3 mm plus petit que le diamètre du trou et 100% des trous situés dans le même plan doivent laisser passer librement une cheville d'assemblage cylindrique d'un diamètre de 5 mm plus petit que le diamètre du trou. La cheville d'assemblage cylindrique doit être insérée perpendiculairement dans la face de la membrure;
- 6.41.9.3.4.2 au moins 85% des trous alésés ou percés à leur pleine grandeur, contigus et situés dans le même plan ne doivent pas être décentrés de plus de 1 mm par rapport aux trous des pièces adjacentes.
- 6.41.9.4 SOUDURES
- 6.41.9.4.1 Les soudures doivent être conformes à la norme CAN/CSA W59.
- 6.41.9.4.2 Le soudage à l'arc des goujons doit comprendre un dispositif automatique. La soudure d'angle manuelle est interdite.

- 6.41.9.4.3 Les électrodes doivent être à enrobage basique ou désignées à hydrogène contrôlé (HC).
- 6.41.9.4.4 Les dimensions des côtés d'une soudure d'angle figurant aux dessins ne doivent pas être réduites du fait que le fabricant utilise un procédé de soudage à l'arc submergé (SAW).
- 6.41.9.4.5 Les soudures doivent être réalisées avant la galvanisation ou la métallisation.
- 6.41.9.4.6 Lorsqu'un support envers en acier est utilisé pour la réalisation de soudures à pénétration complète, il doit être constitué de la même nuance d'acier que l'acier de base de l'élément de structure. L'épaisseur minimale du support envers doit être conforme au tableau suivant :

Procédé de soudage	Épaisseur minimale (mm)
SMAW ⁽¹⁾	5
FCAW ⁽²⁾	10
SAW ⁽³⁾	10

- (1) Soudage à l'arc avec électrode enrobée.
(2) Soudage à l'arc avec fil fourré.
(3) Soudage à l'arc submergé.

- 6.41.9.4.7 Le support envers doit être continu sur toute la longueur du joint. La soudure bout à bout du support envers doit être à pénétration complète et être inspectée par radiographie ou par ultrasons avant que ce support envers ne soit lui-même soudé à l'élément de structure.
- 6.41.9.4.8 Les soudures au chantier doivent être réalisées conformément au procédé de soudage à l'arc avec électrode enrobée (SMAW).
- 6.41.9.4.9 Les plaques à souder doivent être préchauffées immédiatement avant les travaux de soudage de façon à éliminer l'humidité.
- 6.41.9.4.10 Avant la réalisation des soudures de pointage requises pour la fabrication des poutres assemblées principales considérées comme des membrures principales tendues ou des membrures à résistance critique à la rupture ainsi que des éléments structuraux principaux considérés comme des membrures à résistance critique à la rupture, les températures de préchauffage minimales suivantes doivent être appliquées sur la zone à souder dans toutes les directions, sur une distance d'au moins 75 mm de la soudure :
- 6.41.9.4.10.1 150°C au niveau des semelles;
- 6.41.9.4.10.2 100°C au niveau de l'âme lorsque le raidisseur a une épaisseur supérieure ou égale à 25 mm.

- 6.41.9.4.11 Toutefois, l'**Entrepreneur** peut se prévaloir de l'article 5.4.7.1 de la norme CAN/CSA W59, s'il peut démontrer à la satisfaction de l'Ingénieur que les soudures de pointage réalisées en une seule passe sont totalement refondues et incorporées à la soudure finale au procédé de soudage à l'arc (SAW). Un rapport macrographique doit être remis à l'Ingénieur pour chaque dimension de cordon inscrite à la procédure de soudage. Les échantillons doivent être fabriqués en présence d'un représentant de l'Ingénieur pour chaque dimension de cordon inscrite à la procédure de soudage et les macrographies doivent être réalisées par un laboratoire membre de l'Association des firmes de génie-conseil (AFG). Si les résultats sont satisfaisants, l'Ingénieur délivrera une autorisation valide pour la procédure de soudage. La référence à l'article 5.4.7.1 de la norme doit être inscrite aux feuilles de données de la procédure de soudage.
- 6.41.9.4.12 Avant la réalisation des soudures finales sur les poutres assemblées principales considérées comme des membrures principales tendues ou des membrures à résistance critique à la rupture, ainsi que sur les éléments structuraux principaux considérés comme des membrures à résistance critique à la rupture, les températures de préchauffage sur les surfaces à souder doivent être conformes aux tableaux 12.3 et 12.4 de la norme AASHTO/AWS D1.5.
- 6.41.9.4.13 Les feuilles de données de la procédure de soudage doivent indiquer la température de préchauffage selon l'épaisseur du métal de base et doivent mentionner que cette température doit s'appliquer, selon le cas, aux poutres assemblées principales et aux éléments structuraux principaux considérés comme des membrures à résistance critique à la rupture.
- 6.41.9.4.14 Une fois les soudures terminées, les surfaces d'acier attenantes doivent être brossées, afin d'enlever toutes les éclaboussures et les projections de soudage qui n'ont pas adhéré fermement au métal.
- 6.41.9.5 ASSEMBLAGE DES POUTRES
- 6.41.9.5.1 Toutes les soudures bout à bout dans les âmes et les semelles servant à la fabrication des profilés soudés WWF et WRF et des poutres assemblées doivent être terminées avant de procéder à l'assemblage de la semelle et de l'âme.
- 6.41.9.5.2 Les soudures d'angle à la jonction semelle-âme des poutres principales doivent être réalisées par soudage à l'arc submergé SAW et elles doivent être réalisées sans arrêt-départ pour chacune des sections qui composent les poutres principales. Un appendice d'au moins 150 mm est exigé afin d'amorcer et de terminer la soudure d'angle.
- 6.41.9.6 PRÉMONTAGE EN USINE
- 6.41.9.6.1 Les poutres principales comportant des joints de chantier doivent être prémontées en l'usine.
- 6.41.9.6.2 Toutes les sections composant la poutre principale doivent être prémontées et ajustées conformément aux dessins, avec l'âme en position horizontale.

- 6.41.9.6.3 Chaque opération de prémontage doit inclure au minimum deux (2) sections d'une poutre. Dans le cas d'une travée comportant trois (3) sections ou plus ou une travée en courbe, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen un dessin de prémontage détaillé expliquant chacune des étapes de prémontage, au moins quatorze (14) jours avant de procéder à ces travaux de prémontage. L'**Entrepreneur** doit attendre l'autorisation écrite de l'Ingénieur avant de procéder au prémontage.
- 6.41.9.6.4 Pour le joint de chantier d'une poutre principale, le perçage des trous doit être effectué à l'aide d'une des plaques de joint de la semelle et de l'âme, dont les trous ont été percés au préalable afin de servir de gabarit. Il est également permis de faire le perçage des plaques de joint ainsi que de l'une des deux (2) sections de poutre à l'aide d'une perceuse à commande numérique et d'utiliser par la suite ces plaques comme gabarit pour le perçage de l'autre section de poutre. La séquence des travaux de perçage dans les sections de poutres, les plaques de joint et les fourrures doit prévoir, à toutes les opérations de prémontage, l'utilisation d'un nombre suffisant de chevilles d'assemblage et de boulons pour conserver l'alignement des trous en tout temps.
- 6.41.9.6.5 Les zones de contact des plaques de recouvrement des joints de chantier au niveau des semelles des poutres principales doivent avoir un gauchissement inférieur à $B/200$, sans excéder 3 mm, B étant la pleine largeur de la semelle. Le gauchissement doit être mesuré perpendiculairement à l'axe de la poutre, entre le prolongement d'une demi-largeur de semelle et l'extrémité de l'autre demi-largeur de semelle.
- 6.41.9.6.6 Dans le cas des structures de signalisation ou d'éclairage, les poutres triangulées et les poutres monotubulaires comportant des joints de chantier à brides de raccord doivent être prémontées en usine. Des numéros d'identification doivent être gravés sur les brides de raccord avant le désassemblage et l'application d'un revêtement de protection contre la corrosion.
- 6.41.9.7 INSPECTION FINALE
- 6.41.9.7.1 Une pièce ne peut quitter l'usine avant que les rapports dimensionnels du fabricant, les rapports d'examens non destructifs des soudures et les certificats d'aciérie ne soient remis à l'Ingénieur pour examen et que l'Ingénieur ait effectué son inspection finale et donné une acceptation écrite à l'**Entrepreneur**. Les poutres doivent être mises en position verticale avant que l'Ingénieur ne procède à leur inspection finale.

6.41.10 MANUTENTION, TRANSPORT ET MONTAGE D'UNE CHARPENTE D'ACIER D'UN TABLIER DE PONT

- 6.41.10.1 Les composantes de la charpente d'acier doivent être manipulées avec attention pour éviter tout dommage ou toute déformation. Les poutres doivent être soulevées par au moins deux (2) points de levage lors des opérations de manutention et de montage.

- 6.41.10.2 Les poutres à âme pleine doivent être transportées avec l'âme en position verticale. Si cela s'avère impossible dans certains cas particuliers, les poutres doivent être transportées conformément aux recommandations de transport du fabricant des poutres. L'Ingénieur remettra à l'**Entrepreneur** un avis écrit l'autorisant à procéder au transport d'une poutre lorsque le système de support mis en place est jugé conforme aux dites recommandations.
- 6.41.10.3 Sauf indication contraire aux dessins, le montage, la mise en place des boulons et l'inspection des assemblages doivent être réalisés conformément à la norme CAN/CSA S6.
- 6.41.10.4 L'emplacement et l'élévation des appareils d'appui doivent être vérifiés par l'**Entrepreneur** et les anomalies constatées doivent être corrigées. L'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen, au moins quatorze (14) jours avant la mise en place des poutres, un relevé d'arpentage indiquant l'emplacement longitudinalement et transversalement à l'ouvrage, l'élévation et le nivellement de chaque appareil d'appui mis en place ainsi que les valeurs correspondantes indiquées aux dessins. Ce relevé doit être signé par un ingénieur membre de l'OIQ.
- 6.41.10.5 Pour éviter que l'eau, au contact des surfaces d'acier non peintes, tache les assises et les surfaces adjacentes des unités de fondation, ces unités doivent être protégées adéquatement avant le début du montage de la charpente d'acier. Toute souillure sur les poutres ou sur les unités de fondation, telles les taches d'huile et de graisse, doit être enlevée une fois le montage terminé.
- 6.41.10.6 Tel qu'indiqué aux dessins et aux calculs du procédé de montage, la première poutre érigée doit être retenue latéralement. Les autres poutres doivent être contreventées sans délai après leur mise en place.
- 6.41.10.7 Lorsque le tablier est construit en phases, des ouvrages temporaires pour chacune des phases peuvent être requis pour limiter le déplacement latéral et la rotation des poutres principales occasionnées par le bétonnage de la dalle, sans toutefois restreindre le déplacement vertical. Ces ouvrages doivent être indiqués aux dessins de montage de l'**Entrepreneur**.
- 6.41.10.8 À la fin de chaque quart de travail où des poutres ont été mises en place, et après l'inspection de ces poutres par un ingénieur membre de l'OIQ, l'**Entrepreneur** doit remettre à l'Ingénieur un avis écrit signé par cet ingénieur indiquant que les contreventements et les ouvrages temporaires sont installés conformément aux dessins et aux calculs du procédé de montage. Cet avis doit aussi mentionner la date et l'heure de l'inspection.
- 6.41.10.9 Afin de conserver l'ajustement des composantes de l'ouvrage conformément aux alignements vertical et horizontal indiqués aux dessins, aucune surcharge de construction ni aucune charge permanente autre que celle due à la charpente d'acier ne doivent être appliquées sur l'ouvrage avant que ne soit complété le serrage final des éléments structuraux sollicités par ces charges supplémentaires.

6.41.10.10 Les trous laissés par l'enlèvement des ouvrages temporaires servant à la manipulation des poutres doivent être comblés par des boulons A325. Si les poutres sont peinturées, les boulons doivent avoir le même revêtement que celui des poutres et dans les autres cas, les boulons doivent être galvanisés.

6.41.10.11 Les contreventements et autres ouvrages temporaires doivent être maintenus en place jusqu'à ce que le béton de la dalle ait atteint 70% de f'c vérifiée par des essais sur éprouvettes témoins mûries dans les mêmes conditions que l'ouvrage.

6.41.10.12 Sauf indication contraire aux dessins, lorsqu'une phase de raccordement de dalle est prévue pour joindre deux (2) phases coulées, le perçage et le boulonnage des diaphragmes et des contreventements situés sous la phase de raccordement doivent être effectués avant le bétonnage de cette phase, mais après la réalisation de chacune des phases de dalle adjacentes.

6.41.10.13 JOINTS BOULONNÉS

6.41.10.13.1 Les surfaces d'acier non galvanisées devant venir en contact entre elles lors de l'assemblage doivent être nettoyées conformément à la norme SSPC-SP 6/NACE N° 3 ou SSPC – SP 15.

6.41.10.13.2 Les surfaces d'acier galvanisées devant venir en contact entre elles au moment de l'assemblage doivent être nettoyées manuellement à la brosse métallique, de façon à enlever l'apparence lustrée sans toutefois altérer le revêtement de zinc.

6.41.10.13.3 Les boulons, écrous et rondelles doivent être livrés sur le chantier assemblés dans des contenants scellés à l'usine du fournisseur. L'identification de chaque contenant doit comprendre le numéro de lot de production des boulons assemblés ainsi que les principales caractéristiques des boulons, des écrous et des rondelles. Les contenants scellés ou ouverts sur le chantier doivent être entreposés à l'abri, notamment, de l'humidité, de la poussière et des saletés afin que les boulons, écrous et rondelles soient conservés jusqu'à leur mise en place dans le même état qu'au moment de leur livraison. Après chaque journée de travail, les boulons, écrous et rondelles non utilisés doivent être retournés dans leurs contenants d'origine.

6.41.10.13.4 Mise en place des boulons

6.41.10.13.4.1 Les trous doivent être alignés au moyen de chevilles d'assemblage et les pièces doivent être maintenues assemblées par un nombre suffisant de boulons de pré-assemblage serrés à bloc. Un maximum de 20% des trous d'un même joint peut être aligné à l'aide de chevilles. L'alésage des trous est interdit au chantier.

- 6.41.10.13.4.2 Dans le cas où l'**Entrepreneur** utilise des boulons qui sont serrés sans contrôle au moment de l'ajustement des pièces à assembler, ceux-ci doivent être marqués avec de la peinture de couleur rouge avant le début des travaux de boulonnage. Ces boulons doivent être remplacés par de nouveaux boulons conformément aux modalités de la procédure de boulonnage soumise par l'**Entrepreneur**.
- 6.41.10.13.4.3 Une section de poutre doit être retenue par des boulons et des chevilles d'assemblage en remplissant au moins 50% des trous des joints de chantier avant qu'elle soit détachée de l'équipement de levage. Les boulons, leurs écrous serrés manuellement et les chevilles d'assemblage concentrées en rive des plaques d'assemblage doivent être répartis uniformément dans le joint semelles-âme.
- 6.41.10.13.4.4 Avant de commencer le serrage final des boulons des joints de chantier, les sections de poutre doivent être ajustées conformément aux alignements vertical et horizontal indiqués aux dessins en utilisant une quantité suffisante de chevilles d'assemblage tout en se limitant à un maximum de 20% de chevilles pour un même joint.
- 6.41.10.13.4.5 Quelle que soit la méthode de montage utilisée par l'**Entrepreneur**, la dernière étape de l'assemblage d'un joint doit consister à remplacer les chevilles d'assemblage par des boulons serrés au serrage final. À cette étape, tous les autres boulons du joint doivent avoir été préalablement installés et serrés au serrage final.
- 6.41.10.13.4.6 Dans le cas où le montage des sections d'une poutre ne se fait pas à leur emplacement final, le serrage final de tous les boulons des joints de chantier doit être fait avant le déplacement des poutres à leur emplacement final.

6.41.10.13.5 Serrage de boulons

- 6.41.10.13.5.1 Tous les boulons doivent être posés avec une rondelle en acier placée sous la pièce, écrou ou tête de boulon, tournée pendant le serrage. Une rondelle doit être installée à chaque extrémité des boulons d'un assemblage comportant un trou surdimensionné.
- 6.41.10.13.5.2 Sauf indication contraire aux dessins, les écrous doivent être installés du côté le moins apparent de l'ouvrage.
- 6.41.10.13.5.3 Le seul serrage permis est le serrage par rotation de l'écrou. Par conséquent, il est interdit pour l'**Entrepreneur** de se servir du couple de serrage des boulons comme méthode de serrage final ou de vérification du serrage final des boulons.
- 6.41.10.13.5.4 Le serrage à bloc est le serrage permettant de mettre les surfaces des plaques en contact parfait, ce qui correspond à une tension initiale dans les boulons de $15\% \pm 3\%$ de la valeur minimale indiquée à l'article 10.24.6.3 de la norme CAN/CSA S6.

- 6.41.10.13.5.5 L'**Entrepreneur** doit utiliser l'une des méthodes suivantes pour procéder au serrage à bloc des boulons :
- 6.41.10.13.5.5.1 serrage manuel à l'aide d'une clé à mâchoires;
- 6.41.10.13.5.5.2 serrage avec une clé ajustable réglée de façon à obtenir la tension initiale exigée dans le boulon ou ayant une capacité maximale ne dépassant pas la tension indiquée au paragraphe 6.41.10.13.5.4 de la présente sous-section.
- 6.41.10.13.5.6 À la suite du serrage à bloc et avant le serrage final par rotation de l'écrou, tous les boulons et les écrous de l'assemblage doivent être marqués à l'aide d'un crayon, de façon à déterminer le degré de rotation relative des deux (2) pièces. Le marquage de chaque écrou doit être fait vis-à-vis de l'arête la plus près de la position midi, et la marque sur le boulon correspondant doit être faite sur le demi-diamètre du boulon à la même position que celle sur l'écrou.
- 6.41.10.13.5.7 Après le serrage, l'extrémité filetée des boulons doit excéder l'écrou.
- 6.41.10.13.5.8 Tous les travaux de boulonnage doivent être vérifiés et suivis par un ingénieur de l'**Entrepreneur**, membre de l'OIQ. Cet ingénieur ne peut déléguer sa tâche de vérification, sauf dans le cas de travaux de boulonnage en usine autres que ceux des joints de chantier des poutres principales. Dans le cas des travaux de boulonnage des joints de chantier des poutres principales, cet ingénieur doit être le signataire de la procédure de boulonnage soumise.
- 6.41.10.13.5.9 Pour tous les assemblages boulonnés, l'ingénieur de l'**Entrepreneur** responsable de la vérification et du suivi des travaux de serrage des boulons doit remettre à l'Ingénieur un avis écrit signé indiquant que le serrage des boulons a été réalisé conformément à chacune des étapes de la procédure de boulonnage soumise. L'avis doit indiquer les assemblages visés ainsi que les dates et les heures des inspections faites par l'ingénieur de l'**Entrepreneur**. L'avis doit être remis à l'Ingénieur dans un délai de quarante-huit (48) heures suivant la fin des travaux de serrage des boulons des assemblages visés par l'avis.
- 6.41.10.13.5.10 Le serrage à bloc des boulons d'un assemblage est jugé conforme lorsque tous les boulons testés peuvent être desserrés au moyen d'une clé à mâchoires. Si le serrage d'un des boulons testés n'est pas conforme, tous les boulons de l'assemblage doivent être vérifiés, et ceux dont le serrage n'est pas conforme doivent être remplacés par de nouveaux boulons au frais de l'**Entrepreneur**. En cas de non-conformité, l'ingénieur de l'**Entrepreneur** qui a signé la procédure de boulonnage doit bonifier, au besoin, la procédure de serrage à bloc et transmettre à l'Ingénieur, le cas échéant, une nouvelle procédure de boulonnage avant que l'**Entrepreneur** poursuive la mise en place des boulons.

- 6.41.10.13.5.11 Le serrage final des boulons d'un assemblage est jugé conforme lorsque la rotation relative de chaque boulon et son écrou est à l'intérieur des tolérances permises établies lors du contrôle de réception des boulons. Les boulons qui sont rejetés doivent être remplacés conformément à une procédure spéciale signée par l'ingénieur de l'**Entrepreneur** qui a signé la procédure de boulonnage aux frais de l'**Entrepreneur**.
- 6.41.10.13.5.12 Pour les boulons non galvanisés, le serrage final par rotation de l'écrou de tous les boulons d'un assemblage doit être fait au plus tard dans les dix (10) jours de la mise en place des boulons dans l'assemblage. Après ce délai, des essais de capacité de rotation doivent être faits sur trois (3) boulons assemblés, boulon, écrou et rondelle, pour chaque lot de production de boulons assemblés prélevés dans les joints concernés, afin de valider la conformité des assemblages.
- 6.41.10.13.5.13 Tout boulon qui est desserré après le serrage final doit être remplacé par un nouveau boulon.
- 6.41.10.13.6 Serrage des boulons des joints de chantier des poutres principales
- 6.41.10.13.6.1 En plus des exigences pour le serrage des boulons du paragraphe 6.41.10.13.5, les exigences suivantes s'appliquent aux joints de chantier des poutres principales.
- 6.41.10.13.6.1.1 Une réunion préalable au boulonnage, regroupant les représentants de l'**Entrepreneur**, notamment l'ingénieur de l'**Entrepreneur** qui a signé la procédure de boulonnage et le contremaître responsable du montage de l'ouvrage, et l'Ingénieur doit être tenue sur le site au moins quatorze (14) jours avant le début de la mise en place des boulons des joints de chantier. La réunion ne doit avoir lieu qu'une fois la procédure de boulonnage jugée complète par l'Ingénieur. L'ordre du jour de la réunion doit prévoir, notamment, la revue de la procédure de boulonnage et des exigences contractuelles relatives à la mise en place des boulons ainsi que le contrôle de réception des boulons sur au moins un lot de production de boulons assemblés.
- 6.41.10.13.6.1.2 Au début de chaque quart de travail, l'**Entrepreneur** doit aviser par écrit l'Ingénieur lorsque le serrage de boulons de joints de chantier d'une poutre principale est prévu. Cet avis doit indiquer le premier joint sur lequel il est envisagé de serrer à bloc des boulons. L'avis doit aussi faire mention du moment probable, au cours du quart de travail, du serrage final des boulons des joints de chantier d'une poutre principale.

- 6.41.10.13.6.1.3 En plus de l'avis de conformité remis à la suite du serrage final de tout assemblage boulonné, le serrage d'au moins 20% des joints de chantier, avec au moins deux (2) joints, doit être vérifié conjointement et au même moment par l'ingénieur de l'**Entrepreneur** qui a signé la procédure de boulonnage et par l'Ingénieur, pour les trois (3) étapes principales de la procédure de boulonnage, soit le serrage à bloc, le marquage et le serrage final. Les joints devant faire l'objet du contrôle seront choisis par l'Ingénieur. Le contrôle du serrage doit s'effectuer immédiatement après chacune des étapes suivantes :
- 6.41.10.13.6.1.3.1 pour le serrage à bloc, vérification du serrage sur environ 10% des boulons du joint, avec un minimum de six (6) boulons;
- 6.41.10.13.6.1.3.2 pour le marquage, vérification du marquage de tous les boulons et écrous avant le serrage final;
- 6.41.10.13.6.1.4 pour le serrage final, vérification de la rotation relative entre chaque boulon et son écrou.

6.41.11 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

6.41.11.1 GÉNÉRALITÉS

- 6.41.11.1.1 Au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux d'acier, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur, pour examen, son programme de contrôle de la qualité qu'il entend mettre en œuvre pour la réalisation des travaux d'acier.
- 6.41.11.1.2 L'Ingénieur assurera l'exécution de son propre programme d'assurance qualité en exerçant des audits sur le programme de contrôle de la qualité de l'**Entrepreneur** et par toute autre inspection aléatoire ou vérification à la discrétion de l'Ingénieur. L'**Entrepreneur** doit fournir des échantillons de tout matériel requis par l'Ingénieur.
- 6.41.11.1.3 L'**Entrepreneur** doit mettre en œuvre un programme de contrôle de la qualité conformément à la norme ISO 9001.
- 6.41.11.1.4 Le programme doit indiquer tous les points de vérification qui seront faits lors de la réalisation des étapes suivantes :
- 6.41.11.1.4.1 réception des matériaux;
- 6.41.11.1.4.2 façonnage et assemblage des pièces;
- 6.41.11.1.4.3 transport, réception et déchargement au chantier;
- 6.41.11.1.4.4 installation des pièces finies.
- 6.41.11.1.5 L'**Entrepreneur** doit aviser l'Ingénieur, au moins quatorze (14) jours avant le début de la fabrication des éléments concernés.

- 6.41.11.1.6 L'**Entrepreneur** doit permettre à l'Ingénieur d'accéder en tout temps à toute partie des travaux, et doit fournir toute information et assistance requise.
- 6.41.11.1.7 L'inspection des travaux par l'Ingénieur ne dégage pas l'**Entrepreneur** de ses obligations d'exécuter les travaux conformément aux dessins et devis.
- 6.41.11.1.8 L'Ingénieur doit être avisé de toute défectuosité décelée dans les travaux. L'**Entrepreneur** ne doit effectuer aucune réparation avant d'avoir obtenu l'autorisation de l'Ingénieur. L'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur pour examen les méthodes proposées pour corriger les défectuosités. Les méthodes correctives doivent inclure, sans s'y limiter, les dessins, les croquis et les procédures de soudage appropriés.
- 6.41.11.1.9 Chaque pièce corrigée doit être inspectée par l'Ingénieur avant qu'elle ne soit expédiée de l'usine.
- 6.41.11.1.10 L'**Entrepreneur** ne pourra expédier aucun élément de l'usine avant d'avoir obtenu une autorisation écrite de l'Ingénieur.
- 6.41.11.1.11 L'**Entrepreneur** doit respecter la procédure de serrage des boulons fournie à l'Annexe 6.41-I *Exigences pour le serrage des boulons* de la présente sous-section, et après confirmation à l'Ingénieur du serrage final complété par l'**Entrepreneur**, 10% de tous les boulons d'un même assemblage, mais pas moins de deux (2) boulons, doivent être vérifiés conjointement par l'**Entrepreneur** et l'Ingénieur avec une clé dynamométrique suivant le processus d'arbitrage décrit à la norme CAN/CSA S6.
- 6.41.11.1.12 L'**Entrepreneur** doit déplacer et supporter les pièces à être inspectées. En général, l'inspection doit être effectuée à plat avec un dégagement vertical d'au moins 1,25 m.
- 6.41.11.2 GALVANISATION
- 6.41.11.2.1 L'**Entrepreneur** doit inclure dans son programme de contrôle de la qualité que les taux de galvanisation indiqués aux dessins sont respectés.
- 6.41.11.2.2 Le programme de contrôle de la qualité doit indiquer, pour toutes les phases des travaux de galvanisation, la description, le but et les résultats à obtenir.
- 6.41.11.2.3 Le programme de contrôle de la qualité doit également indiquer les actions correctives à mettre en place si les résultats visés ne sont pas atteints.
- 6.41.11.2.4 Avant de procéder à la galvanisation complète des nouveaux éléments d'acier prévus au présent Contrat, l'**Entrepreneur** doit galvaniser trois (3) échantillons témoins conformément à son programme de contrôle de la qualité, afin de démontrer que la procédure proposée permet d'atteindre les taux et les épaisseurs de galvanisation conformément à la norme ASTM A123/A123M.

- 6.41.11.2.5 Si la galvanisation des échantillons n'est pas conforme à la norme ASTM A123/A123M, notamment quant à l'épaisseur de la couche de zinc déposée sur l'acier, l'**Entrepreneur** doit identifier la cause de l'échec, apporter les correctifs requis et par la suite procéder à la galvanisation de trois (3) nouveaux échantillons et ce, jusqu'à ce que les taux de galvanisation spécifiés soient atteints.
- 6.41.11.2.6 La qualité de la galvanisation des éléments en acier doit en tout temps être conforme à la norme ASTM A123/A123M.
- 6.41.11.2.7 La mise en œuvre du programme de contrôle de la qualité est aux frais de l'**Entrepreneur**.
- 6.41.11.2.8 L'application du programme de contrôle de la qualité ne doit en aucun cas affecter la date d'achèvement des travaux de galvanisation. L'**Entrepreneur** doit procéder à la conception et à la galvanisation des échantillons dès le début des travaux prévus au présent Contrat de façon à ne pas en retarder l'exécution.
- 6.41.11.3 SOUDURE
- 6.41.11.3.1 Des examens destructifs peuvent être exigés par l'Ingénieur pour connaître les limites en traction ou en flexion des assemblages soudés.
- 6.41.11.3.2 Examens non destructifs
- 6.41.11.3.2.1 À l'exception des drains, des drains d'interface et des soudures d'étanchéité des joints d'assemblage boulonnés des joints de tablier, et sauf indication contraire aux dessins, les examens non destructifs des soudures doivent être exécutés par un laboratoire membre de AFG et certifié par le CWB, conformément à la norme CAN/CSA W178.1.
- 6.41.11.3.2.2 Sauf indication contraire aux dessins, les examens non destructifs minimaux à réaliser par l'**Entrepreneur** sont ceux indiqués à la norme CAN/CSA S6. Tous les examens indiqués à la norme de même qu'au présent paragraphe sont aux frais de l'**Entrepreneur**. Les examens non destructifs des soudures doivent être réalisés de la façon suivante :
- 6.41.11.3.2.2.1 la vérification visuelle doit être faite à 100%, avant, pendant et après le soudage conformément à la norme CAN/CSA W59, par un inspecteur en soudage certifié de niveau 2 conformément à la norme CAN/CSA W178.2. Pour les drains, les drains d'interface et les soudures d'étanchéité des joints d'assemblage boulonnés des joints de tablier, l'inspecteur en soudage peut être remplacé par un superviseur en soudage certifié conformément à la norme CAN/CSA W47.1;
- 6.41.11.3.2.2.2 une vérification visuelle et les examens suivants doivent être réalisés sur les soudures des poutres principales, les diaphragmes, les contreventements et les poutres de levage d'un pont :

- 6.41.11.3.2.2.2.1 une soudure bout à bout dans une semelle doit être radiographiée à 100%;
- 6.41.11.3.2.2.2.2 une soudure bout à bout transversale ou longitudinale dans l'âme doit être radiographiée à 100%;
- 6.41.11.3.2.2.2.3 une soudure d'angle entre l'âme et la semelle de chaque section de membrure doit être vérifiée par magnétoscopie sur une distance égale à 25% de la longueur des cordons de soudure. L'examen doit porter sur les extrémités de la soudure;
- 6.41.11.3.2.2.2.4 une soudure d'angle entre les raidisseurs d'appui et l'âme et les semelles d'une membrure, y compris les raidisseurs aux points de levage, doit être vérifiée à 100% par magnétoscopie;
- 6.41.11.3.2.2.2.5 une soudure sur préparation à pénétration complète entre les raidisseurs d'appui et les semelles d'une membrure doit être vérifiée à 100% par magnétoscopie et 100% par ultrasons;
- 6.41.11.3.2.2.2.6 une soudure d'angle entre les raidisseurs transversaux et l'âme d'une membrure doit être vérifiée à 50% par magnétoscopie. L'examen doit porter sur les extrémités de la soudure;
- 6.41.11.3.2.2.2.7 une soudure d'angle entre les raidisseurs transversaux et la semelle d'une membrure doit être vérifiée à 100% par magnétoscopie;
- 6.41.11.3.2.2.2.8 toutes les soudures sur les éléments de contreventement doivent être vérifiées à 25% par magnétoscopie. L'examen doit porter sur les extrémités de la soudure.
- 6.41.11.3.2.2.3 une vérification visuelle et les examens suivants doivent être réalisés sur les soudures des pieux en acier :
 - 6.41.11.3.2.2.3.1 les soudures bout à bout dans un pieu en acier doivent être vérifiées par ultrasons sur 100% de leur longueur sur 25% des joints. Ces joints seront choisis par l'Ingénieur. Lorsqu'un joint est jugé non conforme, le joint suivant doit être vérifié, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il y ait deux (2) joints consécutifs jugés conformes avant de revenir à la cadence de vérification initiale;
 - 6.41.11.3.2.2.3.2 les soudures sur préparation et les soudures d'angle entre la pointe et un pieu en acier doivent être vérifiées par magnétoscopie sur 100% de leur longueur sur 25% des pieux. Lorsqu'une soudure est jugée non conforme, le pieu suivant doit être vérifié, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il y ait deux (2) pieux consécutifs jugés conformes avant de revenir à la cadence de vérification initiale;
 - 6.41.11.3.2.2.3.3 une soudure bout à bout dans un pieu caisson doit être vérifiée par ultrasons sur 100% de sa longueur;

- 6.41.11.3.2.2.3.4 toutes les soudures de pointes Oslo doivent être réalisées en usine et vérifiées à 100% par magnétoscopie, vingt-quatre (24) heures après le soudage.
- 6.41.11.3.2.2.4 les soudures d'angle entre les semelles des poutres et les appareils d'appui, en plus de la vérification visuelle, doivent être vérifiés à 100% par magnétoscopie;
- 6.41.11.3.2.2.5 les soudures d'angle situées à la base des poteaux des dispositifs de retenue en acier, en plus de la vérification visuelle, doivent être vérifiées à 100% par magnétoscopie sur 10% des poteaux, au moins deux (2) poteaux devront être vérifiés par pont. Les poteaux à vérifier seront choisis par l'Ingénieur;
- 6.41.11.3.2.2.6 une vérification visuelle et les examens suivants doivent être réalisés sur les soudures d'une plaque de renfort ou d'une console retenant de la précontrainte :
 - 6.41.11.3.2.2.6.1 une soudure bout à bout doit être radiographiée à 100%;
 - 6.41.11.3.2.2.6.2 une soudure d'angle doit être vérifiée par magnétoscopie sur une distance égale à 25% de la longueur des cordons de soudure;
 - 6.41.11.3.2.2.7 une vérification visuelle et les examens suivants doivent être réalisés sur les soudures d'une structure de signalisation ou d'éclairage :
 - 6.41.11.3.2.2.7.1 une soudure bout à bout dans une pièce en acier doit être vérifiée par ultrasons ou radiographiée à 100%;
 - 6.41.11.3.2.2.7.2 une soudure à pénétration complète doit être vérifiée par ultrasons ou radiographiée à 100%;
 - 6.41.11.3.2.2.7.3 une soudure longitudinale à pénétration partielle doit être vérifiée par magnétoscopie sur une distance égale à 25% de la longueur des cordons de soudure. Dans le cas des hauts mâts, chaque section doit être vérifiée;
 - 6.41.11.3.2.2.7.4 une soudure d'angle sur une structure en acier doit être vérifiée par magnétoscopie sur une distance égale à 25% de la longueur des cordons de soudure.
 - 6.41.11.3.2.2.8 dans un contrôle partiel de soudure, la vérification doit porter d'abord sur les bouts de la soudure et sur les points critiques, tel un changement de géométrie et de matériau;
 - 6.41.11.3.2.2.9 lorsqu'un contrôle partiel révèle une défectuosité à réparer, la longueur de la soudure doit être vérifiée à 100%. La partie réparée de la soudure doit être vérifiée de nouveau à 100%, en utilisant le procédé de contrôle de la soudure originale;

- 6.41.11.3.2.2.10 toutes les soudures de pointage doivent être inspectées visuellement;
- 6.41.11.3.2.2.11 toute soudure fissurée détectée visuellement, y compris les soudures de pointage, doit être validée par magnétoscopie, réparée et inspectée à nouveau par magnétoscopie.
- 6.41.11.3.2.3 L'**Entrepreneur** doit aviser l'Ingénieur au moins douze (12) heures avant le début des examens non destructifs. Ces examens, comprenant les vérifications visuelles, doivent faire l'objet d'un rapport d'inspection écrit et documenté, rédigé par l'inspecteur ou le superviseur qui les a exécutés et interprétés. Ce rapport doit inclure les radiographies et être remis à l'Ingénieur au moins vingt-quatre (24) heures avant le départ des pièces de l'usine. Dans le cas des soudures réalisées au chantier, un avis verbal de l'inspecteur ou du superviseur en soudage doit être donné immédiatement à l'Ingénieur attestant que celles-ci sont conformes aux exigences du Contrat. Un rapport doit ensuite être remis à l'Ingénieur dans un délai de sept (7) jours après la réalisation des examens non destructifs.
- 6.41.11.3.2.4 Le contrôle des soudures doit être effectué avant la galvanisation ou la métallisation.
- 6.41.11.3.2.5 Lorsque l'assemblage de poutres d'un ouvrage en acier est réalisé au moyen de profilés soudés WWF ou WRF à l'usine de laminage, les examens non destructifs des soudures âme-semelle doivent être effectués à l'usine du fabricant de l'ouvrage en acier. Si des soudures bout à bout dans les semelles ou dans l'âme sont réalisées à l'usine de laminage, les radiographies, ainsi que le rapport des examens non destructifs de ces soudures, doivent être ajoutés au rapport d'inspection décrit au paragraphe 6.41.11.3.2.3 de la présente sous-section.
- 6.41.11.3.2.6 Lorsque l'assemblage de pièces de structures de signalisation ou d'éclairage est réalisé en tout ou en partie dans une usine autre que celle du fabricant, les examens non destructifs des soudures doivent être effectués à l'usine du fabricant de ces structures. Les radiographies ainsi que le rapport des examens non destructifs de ces soudures doivent être ajoutés au rapport d'inspection décrit au paragraphe 6.41.11.3.2.3 de la présente sous-section.
- 6.41.11.3.2.7 Les examens non destructifs des soudures décrites précédemment doivent être exécutés par un laboratoire membre de l'AFG et certifié par le CWB, conformément à la norme CAN/CSA W178.1 qui doit aussi interpréter les résultats. Les inspecteurs en soudage doivent être qualifiés par le CWB conformément à la norme CAN/CSA W178.2.
- 6.41.11.3.2.8 Les examens non destructifs doivent être consignés dans un rapport écrit et être remis à l'Ingénieur au moins vingt-quatre (24) heures avant le départ des pièces de l'usine.

6.41.11.3.2.9 Le **Propriétaire** peut effectuer indépendamment et à ses frais des examens non destructifs additionnels sur les soudures. Si ces examens révèlent une défectuosité de la soudure, l'**Entrepreneur** doit défrayer les coûts de toutes les inspections des soudures qui seront réalisés avant et après la réparation de ladite défectuosité.

FIN DE LA SOUS-SECTION

ANNEXE 6.41-I
EXIGENCES POUR LE SERRAGE DES BOULONS
(5 PAGES)

EXIGENCES POUR LE SERRAGE DES BOULONS

ACTIVITÉS PRÉPARATOIRES

- 1) Au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux au chantier, l'**Entrepreneur** doit présenter à l'Ingénieur pour examen sa procédure de boulonnage, signée par un ingénieur membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ);
- 2) Pendant les travaux, l'ingénieur de l'**Entrepreneur** peut demander à un ingénieur, membre de l'OIQ, sous sa responsabilité de faire les vérifications sur le chantier et d'émettre les avis de conformité du serrage des boulons. Dans la procédure de boulonnage, cet ingénieur doit être désigné comme « représentant » de l'**Entrepreneur**. L'**Entrepreneur** doit, avant le début des travaux, informer l'Ingénieur par écrit, qui sera le représentant de l'ingénieur de l'**Entrepreneur**;
- 3) L'ingénieur de l'**Entrepreneur**, ou son représentant, tous deux chargés de faire les vérifications de serrage des boulons et le contremaître responsable des travaux d'acier de l'**Entrepreneur** doivent assister à une réunion avec l'Ingénieur avant le début des travaux de boulonnage. La réunion doit se tenir au moins sept (7) jours avant le début de la mise en place des boulons, mais pas avant la réception de la procédure de boulonnage jugée complète par l'Ingénieur. L'ordre du jour de la réunion doit prévoir notamment :
 - la revue de la procédure de boulonnage;
 - l'appareil d'étalonnage que l'**Entrepreneur** entend utiliser;
 - les méthodes de travail de l'**Entrepreneur** et la procédure qu'il entend suivre pour faire la vérification de la tension dans les boulons au moyen de l'appareil d'étalonnage;
 - l'entreposage des boulons au chantier;
 - les points d'arrêt et les points de contrôle prévus par l'Ingénieur;
 - le nom et les qualifications de l'ingénieur de l'**Entrepreneur** ou son représentant désigné pour valider les étapes de serrage.

ACTIVITÉS SUR LES LIEUX

- 1) Les boulons, incluant les écrous et les rondelles, doivent être protégés de la poussière et de l'humidité. Seul le nombre de boulons prévus être installés lors d'un quart de travail doit être retiré du lieu d'entreposage. Les boulons ne doivent pas être nettoyés de leur lubrifiant. Ceux ayant accumulé de la rouille ou du sable doivent être nettoyés et lubrifiés à nouveau avant leur utilisation;

- 2) Un appareil d'étalonnage doit être en place en tout temps sur les lieux des travaux de boulonnage. Cet appareil doit avoir été calibré par une entreprise certifiée, dans les douze (12) mois précédant la date prévue pour son utilisation. L'appareil d'étalonnage doit être utilisé entre autres pour :
- confirmer l'adéquation de l'assemblage complet, incluant le type et le niveau de lubrification des boulons;
 - valider que les matériaux utilisés pour la fabrication des boulons rencontrent les normes et que les boulons ne sont pas contrefaits ou n'ont pas été fragilisés;
 - assurer une bonne compréhension des procédures de boulonnage par les équipes de travail de l'**Entrepreneur**;
 - valider les procédures proposées par l'**Entrepreneur** pour effectuer le serrage à bloc;
 - noter et fournir à l'Ingénieur, à l'aide d'une clé dynamométrique, les valeurs moyennes de couples correspondants à la rotation de l'écrou au serrage final conformément au tableau 10.18 de la norme CAN/CSA-S6, en ajoutant 5° de rotation de l'écrou. Les valeurs pour un minimum de trois (3) boulons pour chaque lot de boulons doivent être fournies.
- 3) Le seul serrage accepté aux fins du présent Contrat est le serrage par rotation de l'écrou;
- 4) Dans un premier temps, l'**Entrepreneur** doit procéder au serrage à bloc des boulons, lequel a pour but de mettre les surfaces des plaques en contact parfait. Pour les fins du présent Contrat, le serrage à bloc sera considéré comme une tension initiale dans les boulons d'environ 15% de la valeur minimale indiquée à l'article 10.24.6.3 de la norme CAN/CSA-S6 (voir Tableau I ci-après). L'**Entrepreneur** doit noter que dans certains cas, le serrage à bloc peut exiger plus d'un cycle de serrage. Le serrage à bloc doit progresser de la partie la plus rigide de l'assemblage vers le bord libre des plaques d'assemblage. Sauf indication contraire de l'Ingénieur, il est interdit d'utiliser une clé à percussion à air pour l'opération de serrage à bloc;
- 5) Une fois le serrage à bloc complété, l'**Entrepreneur** doit en aviser l'Ingénieur par écrit. Les assemblages visés par le serrage à bloc faisant l'objet de l'avis doivent être clairement identifiés dans celui-ci;
- 6) Les essais réalisés au moyen de l'appareil d'étalonnage doivent pouvoir confirmer que la méthode de serrage utilisée par l'**Entrepreneur** est en mesure de produire une tension dans les boulons d'au moins 5% supérieure à la valeur minimale indiquée à l'article 10.24.6.3 de la norme CAN/CSA-S6 (voir Tableau I – ci-après);

- 7) Le serrage à bloc d'environ 10% des boulons de chaque assemblage, avec un minimum de trois (3) boulons pour les assemblages comptant moins de dix (10) boulons et un minimum de six (6) boulons pour les autres assemblages, doit être vérifié par l'ingénieur de l'**Entrepreneur** ou son représentant désigné, en présence de l'Ingénieur. Le serrage à bloc d'un boulon est jugé conforme lorsque le boulon peut être desserré au moyen d'une clef à mâchoires d'une longueur d'au plus 400 mm. Le serrage à bloc d'un assemblage est également jugé conforme lorsque tous les boulons testés sont conformes. Lorsque le serrage à bloc d'un boulon n'est pas conforme, ce boulon doit être remplacé. Le serrage à bloc de tous les autres boulons du joint doit alors être vérifié et chacun des boulons non conformes doit aussi être remplacé. Les boulons conformes de ce joint peuvent être desserrés. L'opération de serrage à bloc doit ensuite être reprise et la procédure de vérification doit être suivie à nouveau;
- 8) Tous les boulons et écrous doivent être marqués à la position midi, demi-diamètre du boulon et côté écrou attenant, par l'ingénieur de l'**Entrepreneur** ou son représentant désigné. Lorsque cette étape de la procédure de serrage des boulons est jugée conforme par l'Ingénieur, ce dernier remettra à l'**Entrepreneur** un avis écrit l'autorisant à procéder au serrage final des assemblages;
- 9) À la suite du serrage à bloc des boulons et suivant l'autorisation émise conformément au paragraphe 8 qui précède, l'**Entrepreneur** doit procéder au serrage final des boulons, par tournage de l'écrou ou de la tête du boulon lorsque celui-ci est muni de rondelles conformément au Tableau 10.18 de la norme CAN/CSA-S6, soit un tiers (1/3) de tour pour les boulons d'une longueur égale ou inférieure à quatre (4) diamètres et un demi-tour (1/2) tour pour les boulons d'une longueur supérieure à quatre (4) diamètres, mais inférieure à 200 mm). Le serrage final doit être effectué progressivement de la partie la plus rigide de l'assemblage vers le bord libre des plaques;
- 10) Une fois le serrage final d'un assemblage complété et à la fin de chaque quart de travail, l'**Entrepreneur** doit, en présence de l'Ingénieur, vérifier 10% des boulons de chaque assemblage, mais pas moins de deux (2) boulons par assemblage, à l'aide d'une clé dynamométrique. Si aucun écrou ni aucune tête de boulon ne tournent lorsque le couple est appliqué, le serrage est conforme. Si, par contre, le couple fait tourner l'écrou ou la tête de boulon d'un seul boulon faisant l'objet de la vérification, le serrage n'est pas conforme. Dans un tel cas, tous les boulons de l'assemblage doivent être vérifiés, resserrés et vérifiés de nouveau;
- 11) Lorsque le serrage final est terminé pour un assemblage, l'ingénieur de l'**Entrepreneur** ou son représentant désigné doit remettre à l'Ingénieur un avis écrit signé indiquant que le serrage des boulons a été réalisé conformément à chacune des étapes de la procédure de boulonnage soumise par l'**Entrepreneur**. L'avis doit identifier l'assemblage visé et mentionner les dates et les heures des inspections faites par l'ingénieur signataire de l'avis;

- 12) La vérification du serrage à bloc, la vérification du marquage des boulons et des écrous, la vérification du serrage final ainsi que la préparation et la signature de l'avis doivent être effectuées par l'ingénieur de l'**Entrepreneur** ou son représentant désigné. De plus, à la fin de tous les travaux, un avis écrit et signé par l'ingénieur, signataire de la procédure de boulonnage, attestant que tous les travaux de serrage des boulons exécutés sont conformes aux procédures de l'**Entrepreneur** doit être remis à l'Ingénieur.

Tableau I - Serrage à bloc et serrage final

Boulon (type et dia.)		Dia. nominal	Aire	Serrage final minimum (kN) *				Serrage à bloc (kN) = 15% du serrage final minimum	
Métrique	Impérial	mm (po.)	(mm ²)	A325	A325M	A490	A490M	A325 ou A325M	A490 ou A490M
M16	1/2"	12.70 mm (0.5")	127	53	---	67	---	8	10
	5/8 "	15.88 mm (0.625")	198	85	---	107	---	13	16
	---	16 mm	201	---	91	--	114	14	17
M20	3/4"	19.05 mm (0.75")	285	125	---	157	---	19	24
	---	20 mm	314	---	142	--	178	21	27
M22	7/8"	22.23 mm (0.875")	388	174	---	218	---	26	33
	---	22 mm	380	---	176	---	220	26	33
M24	---	24 mm	452	---	205	--	257	31	39
	1"	25.40 mm (1")	507	227	---	285	---	34	43
M27	---	27mm	573	---	267	---	334	40	50
	1-1/8"	28.6 mm (1.125")	641	249	---	356	---	37	53
	---	30 mm	707	---	326	---	408	49	61
M30	1-1/4"	31.75 mm (1.25")	792	316	---	454	---	47	68
	1-3/8"	34.93mm (1.375")	958	378	---	538	----	57	81
	---	36 mm	1018	---	475	---	595	71	89
M36	1-1/2"	38.1 mm (1.5")	1140	458	---	658	---	69	99

* 70% de la résistance en traction minimale prescrite par la norme ASTM (voir S6-06 article 10.24.6.3)

ANNEXE 6.41-II
EXIGENCES POUR LA MISE EN TENSION DES BARRES EN
ACIER À HAUTE RÉSISTANCE
(1 PAGE)

EXIGENCES POUR LA MISE EN TENSION DES BARRES EN ACIER À HAUTE RÉSISTANCE

OBJET DE L'ANNEXE 6-41-II

Cette annexe décrit les exigences de la mise en tension des barres en acier à haute résistance à la clé à couple de serrage contrôlé.

CALCUL DU COUPLE DE SERRAGE

L'ingénieur de l'**Entrepreneur** doit convertir les paliers de mise en tension des barres en couple de torsion et doit aussi calculer les déplacements et les rotations théoriques des écrous correspondant à ces paliers. La procédure de mise en tension doit être soumise à l'Ingénieur par l'**Entrepreneur** et doit inclure les paliers de chargement ainsi que les couples de torsion, les rotations angulaires des écrous et les élongations des barres.

ÉTALONNAGE DE LA CLÉ À COUPLE DE SERRAGE CONTRÔLÉ

Les clés pour la mise en tension des barres en acier à haute résistance doivent être étalonnées de manière précise de façon à corrélérer le couple de la clé à la tension dans la barre en acier à haute résistance et ce, avant leur utilisation. Au moins quatorze (14) jours avant le début des travaux de mise en tension, l'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur, pour examen, une procédure d'étalonnage.

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES

La position angulaire d'un coupleur ainsi que la position des barres en acier à haute résistance par rapport aux coupleurs doivent être relevées avant et après la mise en tension. La rotation au niveau d'un coupleur doit être annulée durant toutes les phases de mise en tension. Les écrous doivent être lubrifiés avec un produit proposé par l'ingénieur de l'**Entrepreneur**, afin de limiter les frottements entre l'écrou et les plaques d'ancrage.