

DOCUMENTS D'APPEL D'OFFRES

SOUS-SECTION 6.34

BÉTON PROJETÉ

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
SOUS-SECTION 6.34 BÉTON PROJETÉ.....	1
6.34.1 GÉNÉRALITÉS	1
6.34.2 NORMES DE RÉFÉRENCE	1
6.34.3 MATÉRIAUX	4
6.34.4 ÉQUIPEMENT ET OUTILLAGE	9
6.34.5 EXÉCUTION DES TRAVAUX	12
6.34.6 PÉNALITÉ APPLICABLE.....	27

SOUS-SECTION 6.34 BÉTON PROJETÉ

6.34.1 GÉNÉRALITÉS

- 6.34.1.1 Cette sous-section décrit les exigences relatives à la réparation de structures en béton projeté dans le cadre de travaux visant la remise en état d'ouvrages existants prévus au présent Contrat.
- 6.34.1.2 Les exigences relatives aux travaux de démolition de béton sont décrites à la sous-section 6.21 *Démolition et enlèvement*;
- 6.34.1.3 Les exigences relatives aux armatures et ancrages sont décrites à la sous-section 6.31 *Armatures pour le béton*.

6.34.2 NORMES DE RÉFÉRENCE

6.34.2.1 L'**Entrepreneur** doit exécuter tous les travaux de béton projeté conformément aux exigences des normes et documents suivants auxquels s'ajoutent les prescriptions du Contrat :

- 6.34.2.1.1 (AASHTO) American Association of State Highway and Transportation Officials :
- AASHTO M182-05-UL *Standard Specification for Burlap Cloth Made from Jute or Kenaf and Cotton Mats*;
 - AASHTO T026-79-UL *Standard Method of Test for Quality of Water to Be used in Concrete*.
- 6.34.2.1.2 (ACI) American Concrete Institute :
- ACI 304.2R-96 *Placing Concrete by Pumping Methods*;
 - ACI 506R-05 – *Guide to Shotcrete*;
 - ACI 506.3R-91 – *Guide to Certification of Shotcrete Nozzelman*;
 - ACI 306R-88 *Cold Weather Concreting (Reapproved 2002)*;
 - ACI 506.2-95 – *Specification for Shotcrete*;
- 6.34.2.1.3 (ASTM) ASTM International :
- ASTM C109/C109M-07e1 *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*;
 - ASTM C157/C157M-06 *Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete*;
 - ASTM C171-07 *Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete*;
 - ASTM C260-06 *Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete*;

- ASTM C295-03 *Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete*;
- ASTM C309-07 *Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete*;
- ASTM C348-02 *Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars*;
- ASTM C387/C387M-06a - *Standard Specification for Packaged, Dry, Combined Materials for Mortar and Concrete*;
- ASTM C457-08b *Standard Test Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete*;
- ASTM C494/C494M-08a *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*;
- ASTM C642-06 *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*;
- ASTM C666/C666M-03(2008) *Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing*;
- ASTM C672/C672M-03 *Standard Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surfaces Exposed to Deicing Chemicals*;
- ASTM C685/C685M-07 *Standard Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing*;
- ASTM C881/C881M-02 *Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete*;
- ASTM C882/C882M-05e1 *Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete By Slant Shear*;
- ASTM C1017/C1017M-07 *Standard Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete*;
- ASTM C1064/C1064M-08 *Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete*;
- ASTM C1116/C1116M-08 – *Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete*;
- ASTM C1140-03a - *Standard Practice for Preparing and Testing Specimens from Shotcrete Test Panels*;
- ASTM C1152/C1152M-04e1 *Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete*;
- ASTM C1202-07 *Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration*;
- ASTM D512-04 *Standard Test Methods for Chloride Ion In Water*;
- ASTM D516-07 *Standard Test Method for Sulfate Ion in Water*;
- ASTM D4191-03 *Standard Test Method for Sodium in Water by Atomic Absorption Spectrophotometry*;

- ASTM D4192-03 *Standard Test Method for Potassium in Water by Atomic Absorption Spectrophotometry*;
- ASTM D5095-91(2007) *Standard Test Method for Determination of the Nonvolatile Content in Silanes, Siloxanes and Silane-Siloxane Blends Used in Masonry Water Repellent Treatments*;
- ASTM D5167-03 *Standard Practice for Melting of Hot-Applied Joint and Crack Sealant and Filler for Evaluation*;
- ASTM D5329-07 *Standard Test Methods for Sealants and Fillers, Hot-Applied, for Joints and Cracks in Asphaltic and Portland Cement Concrete Pavements*.

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

- CAN/CSA-A23.1-F04/A23.2-F04 *Béton: Constituants et exécution des travaux/Méthodes d'essai et pratiques normalisées pour le béton*;
- CAN/CSA-A23.3-F04 *Calcul des ouvrages en béton*;
- CAN/CSA-A3000-F03 *Compendium des matériaux liants (contient A3001, A3002, A3003, A3004 et A3005)*;
- CAN/CSA S6-F06 *Code canadien sur le calcul des ponts routiers*.

6.34.2.1.5 (BNQ) Bureau de normalisation du Québec :

- BNQ 2501-025 *Sols – Analyse granulométrique des sols inorganiques*;
- BNQ 2560-114/2007 *Travaux de génie civil – Granulats – Partie IV : Béton de masse volumique normale*;
- BNQ 2621-900/2005 *Bétons de masse volumique normale et constituants*.

6.34.2.1.6 (MTQ) Ministère des Transports du Québec :

- MTQ – *Cahier des charges et devis généraux (CCDG)*;
- MTQ – *Normes – Ouvrages routiers – Tome VII Matériaux, Chapitre 3 Béton de ciment et produits connexes, Norme 3201 Béton projeté par procédé à sec*;
- MTQ – *Normes – Ouvrages routiers – Tome VII Matériaux, Chapitre 3 Béton de ciment et produits connexes, Norme 3301 Béton projeté par procédé humide*;

6.34.3 MATÉRIAUX

6.34.3.1 CIMENTS ET AJOUTS CIMENTAIRES

- 6.34.3.1.1 Les ciments hydrauliques doivent être conformes aux normes CAN/CSA-A23.1 et CAN/CSA A3000.
- 6.34.3.1.2 Le liant cimentaire utilisé doit être un ciment hydraulique Portland d'usage général du type GU ou un ciment hydraulique composé du type GUb-SF, GUb-S/SF ou GUb-F/SF.
- 6.34.3.1.3 La masse totale des ajouts cimentaires (cendres volantes, laitier de haut-fourneau granulé finement broyé et fumée de silice) ne doit pas être supérieure à 30% de la masse totale du liant.
- 6.34.3.1.4 La fumée de silice doit être conforme à la norme CAN/CSA-A3000, de type U, suivant un rapport de 6 à 8% en masse de ciment.
- 6.34.3.1.5 Les cendres volantes, lorsque requises, doivent être conformes aux exigences du type F de la norme CAN/CSA-A3000 et plus précisément la section de la norme intitulée A3001 – *Liants utilisés dans le béton*.
- 6.34.3.1.6 À moins d'indication contraire, l'usage des ciments ternaires est interdit durant la période du 15 octobre au 31 mars.

6.34.3.2 EAU

- 6.34.3.2.1 Toute l'eau utilisée pour la fabrication du béton, y compris l'eau ajoutée dans le pré-humidificateur et à la lance de béton projeté et l'eau utilisée pour la cure du béton doivent être fraîches, propres, potables et exemptes d'huile et d'impuretés chimiques ou organiques, et doit être conforme aux dispositions de la norme CAN/CSA-A23.1.
- 6.34.3.2.2 L'eau brute utilisée comme eau de gâchage doit respecter les caractéristiques suivantes (issues de la norme CAN/CSA-A23.1, article 4.2.2) :

Paramètres	Concentration maximale dans l'eau de gâchage (mg/l)	Norme
Chlorures	500 (pour le béton précontraint) 1 000 (pour les autres bétons armés)	ASTM D512
Sulfates (SO ₄)	3000	ASTM D516
Alcalis (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O)	500 600	ASTM D4191 ASTM D4192
Total des solides	50 000	AASHTO T026

6.34.3.3 GRANULATS

- 6.34.3.3.1 Tous les granulats doivent être propres, résistants et exempts de matières nuisibles, et doivent satisfaire aux exigences de la norme CAN/CSA-A23.1 applicables à la classe d'exposition appropriée.
- 6.34.3.3.2 L'**Entrepreneur** doit soumettre à l'Ingénieur, pour examen, une déclaration signée par la personne qualifiée qui a exécuté l'examen pétrographique des granulats fins et gros (conformément à la norme ASTM C295) attestant que le granulat utilisé dans le béton ne provoquera pas de dilatation excessive et de fissures dans le béton causées par la réaction alcalis-granulats ou par toute autre réaction nuisible, tel que prescrit dans la norme CAN/CSA-A23.1.
- 6.34.3.3.3 Les granulats doivent être constitués de sable naturel, gravier ou pierre concassée conformes aux exigences de la norme CAN/CSA-A23.1 quant à la granulométrie, la résistance et la durabilité.
- 6.34.3.3.4 Les granulats utilisés pour le gâchage du béton projeté au chantier doivent être entreposés et manipulés de façon éliminer tout risque de ségrégation, et doivent être maintenus à une teneur en humidité de 3% à 7%. L'**Entrepreneur** doit utiliser des abris ou des couvertures pour protéger les piles de granulats pendant les périodes de température humide, de pluie et autres conditions défavorables.
- 6.34.3.3.5 Granulats fins de densité normale
- 6.34.3.3.5.1 Les granulats fins de densité normale doivent être constitués de sable naturel, de sable manufacturé, ou d'un mélange des deux.
- 6.34.3.3.5.2 Les limites granulométriques du granulat fin (GF) doivent être les suivantes :

Dimension du tamis (mm)	Pourcentage de la masse totale passant chaque tamis							
	10 mm	5 mm	2,5 mm	1,25 mm	630 µm	315 µm	160 µm	80 µm
10 à 2,5	100	95 à 100	80 à 100	50 à 90	25 à 65	10 à 35	2 à 10	0 à 3

- 6.34.3.3.6 Gros granulats de densité normale
- 6.34.3.3.6.1 Le gros granulat de 10 à 2,5 mm doit être entreposé et doit être ajouté séparément du granulat fin (grosseur nominale maximale de 5 mm) pendant les opérations de malaxage. La granulométrie du gros granulat de 10 à 2,5 mm utilisé doit être conforme aux exigences décrites au Tableau 2 de la norme CSA A23.1.

6.34.3.3.6.2 Les exigences granulométriques du gros granulat sont les suivantes :

Dimension du tamis (mm)	Pourcentage de la masse totale passant chaque tamis						
	28 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2,5 mm	1,25 mm
10 à 2,5	-	-	100	85 à 100	10 à 30	0 à 10	0 à 5

6.34.3.3.7 Réactivité alcali-granulat

6.34.3.3.7.1 Le granulat utilisé dans le béton ne doit pas réagir au contact des alcalis du béton au point d'occasionner une expansion excessive du béton, une fissuration, ou les deux.

6.34.3.3.7.2 L'essai d'évaluation du potentiel de réactivité d'un granulat doit être effectué conformément à la norme CAN/CSA-A23.2-14A.

6.34.3.3.7.3 La classification du degré de réactivité du granulat est basée sur le Tableau 2 de la norme CAN/CSA-A23.2-27A. Les résultats obtenus au moyen de l'essai accéléré ne seront pas considérés.

6.34.3.3.7.4 Les granulats classifiés « fortement réactifs » ne doivent pas être utilisés. Les granulats classifiés « modérément réactifs » peuvent être utilisés en combinaison avec la mesure préventive suivante :

6.34.3.3.7.4.1 Limiter l'apport en alcalis du ciment Portland au béton à un maximum de 2,4 kg/m³ de Na₂O équivalent tel que prescrit au Tableau 5 *Mesures préventives* de la norme CAN/CSA-A23.2-27A;

6.34.3.3.7.5 Les granulats montrant une réactivité du type alcali-carbonate ne doivent pas être utilisés.

6.34.3.4 ADJUVANTS

6.34.3.4.1 Agent entraîneur d'air

6.34.3.4.1.1 L'**Entrepreneur** doit ajouter à l'eau du mélange des agents entraîneurs d'air. Les agents entraîneurs d'air doivent être conformes à la norme ASTM C260. L'**Entrepreneur** pourra utiliser un agent entraîneur d'air en poudre pour les mélanges pré-ensachés, sujet à l'approbation préalable de l'Ingénieur.

6.34.3.4.1.2 L'**Entrepreneur** ne doit ajouter aucun autre adjuvant au mélange de béton sans avoir obtenu l'autorisation préalable de l'Ingénieur. L'**Entrepreneur** ne doit utiliser aucun adjuvant qui contient des chlorures.

6.34.3.4.1.3 Caractéristiques du réseau de bulles d'air dans le béton durci :

Méthode de béton projeté	Teneur en air minimale, %	Facteur d'espacement μm	
		Résultat individuel maximum	Résultat moyen maximum
Procédé à sec	--	320	300
Procédé humide	$\geq 3,0$	260	230

6.34.3.4.2 Adjuvants chimiques

6.34.3.4.2.1 Les adjuvants chimiques doivent être conformes à la norme ASTM C494/C494M ou ASTM C1017/C1017M.

6.34.3.4.2.2 L'adjuvant accélérateur de prise à base d'aluminate est permis.

6.34.3.4.2.3 Les adjuvants chimiques utilisés ne doivent contenir aucun chlorure; de plus, les adjuvants du type C ou E (accélérateurs de prise) sont interdits, à moins d'une autorisation spécifique de l'Ingénieur.

6.34.3.4.2.4 À moins d'indication contraire, seuls les réducteurs d'eau de type A doivent être utilisés. Ceux-ci doivent produire une réduction d'eau supérieure à 5% comparativement au mélange témoin contenant également de l'air entraîné.

6.34.3.4.2.5 Si l'utilisation d'un superplastifiant (réducteur d'eau à haut pouvoir de réduction) est exigée aux *Conditions Techniques Particulières*, les mesures spéciales suivantes doivent alors être prises par l'**Entrepreneur** lors de sa mise en œuvre :

6.34.3.4.2.5.1 avant d'ajouter le superplastifiant, le béton doit avoir un affaissement se trouvant dans les limites prescrites;

6.34.3.4.2.5.2 au moment d'être incorporé à l'ouvrage, le béton doit avoir une teneur en air se trouvant dans les limites prescrites.

6.34.3.4.2.6 Lorsqu'un superplastifiant est utilisé, l'affaissement mesuré après le dosage au chantier doit être maintenu à une valeur maximale de 130 mm, à moins d'indication contraire de l'Ingénieur.

6.34.3.5 FIBRES

6.34.3.5.1 Le béton projeté doit contenir uniquement des fibres de polypropylène ayant les caractéristiques suivantes :

- composition à base d'homopolymère de polypropylène vierge;

- résistance à la traction : de 275 à 425 MPa;
- absorption à l'eau : nulle;
- densité : de 0,90 à 0,92;
- longueur : de 12 à 20 mm;
- résistance à l'humidité et aux alcalis du béton.

6.34.3.5.2 Si une bétonnière mobile est utilisée pour la fabrication du béton projeté sec, les fibres de polypropylène doivent être préalablement mélangées au granulats fin à l'usine et l'agent entraîneur d'air doit être introduit dans l'eau du réservoir de la bétonnière mobile munie d'un agitateur.

6.34.3.6 MATÉRIAUX DE CURE

6.34.3.6.1 Les matériaux utilisés lors de la cure du béton doivent respecter les exigences des normes suivantes : ASTM C171, ASTM C309 et AASHTO M182-UL.

6.34.3.6.2 Produit de cure formant membrane

6.34.3.6.2.1 L'utilisation d'un produit de cure chimique n'est autorisée que lorsque spécifiquement permis dans les *Conditions techniques particulières* ou si autorisé par l'Ingénieur comme cure temporaire lorsque de l'avis de ce dernier, la réalisation d'une cure humide est difficilement réalisable.

6.34.3.6.2.2 Le produit de cure formant membrane utilisé doit être conforme à la norme ASTM C309 et translucide, avec un colorant fugace (type 1-D).

6.34.3.6.3 Toile absorbante

6.34.3.6.3.1 La toile absorbante, composée de fibres synthétiques de polyester ou de polypropylène non tissée et aiguilletée, doit avoir une masse surfacique minimale de 300 g/m² et être de couleur blanche.

6.34.3.6.3.2 La toile absorbante doit avoir une largeur d'au moins 1 m et ne doit pas contenir de substances qui pourraient être nocives pour le béton. La toile neuve doit être rincée à grande eau, de façon à la rendre plus absorbante et à la débarrasser de toute substance soluble.

6.34.3.6.4 Feuille imperméable

6.34.3.6.4.1 La feuille imperméable doit être conforme aux exigences de la norme ASTM C171.

- 6.34.3.6.4.2 La feuille imperméable peut être :
- 6.34.3.6.4.2.1 une pellicule de polyéthylène transparente ou opaque de couleur blanche d'une épaisseur minimale de 0,1 mm, ou
- 6.34.3.6.4.2.2 une toile ayant une masse surfacique minimale de 305 g/m², recouverte d'un côté d'une pellicule de polyéthylène opaque de couleur blanche d'une épaisseur minimale de 0,1 mm.
- 6.34.3.6.4.3 La feuille imperméable doit avoir une largeur d'au moins 1 m, être exempte de déchirures et ne pas contenir de substances qui pourraient être nocives pour le béton.
- 6.34.3.7 CHLORURE DE CALCIUM
- 6.34.3.7.1 L'utilisation de chlorure de calcium est interdite en tout temps.
- 6.34.3.8 BÉTON PROJETÉ
- 6.34.3.8.1 Le béton projeté doit être conforme aux caractéristiques suivantes :

Méthode spécifiée de béton projeté	Résistance à la compression minimale à 28 jours (MPa)	Type et quantité de ciment (kg/m ³)		Rapport maximal E/L	Gros granulats (% min)	Teneur en air du béton frais (%)	Aff. (mm.)	Masse min. de fibre (kg/m ³)
		Ciment composé ⁽¹⁾	Type HE ⁽²⁾					
Procédé à sec	35	450	460	0,40	10	3,5 – 7 ⁽³⁾	---	0,9
Procédé humide	35	410	---	0,40	25	10 – 15 ⁽⁴⁾	100±30 ⁽⁴⁾	0,9

- Notes :
- (1) Ciment Hydraulique composé du type GUb-SF, GUb-F/SF ou GUb-S/SF.
 - (2) Utilisation en surplomb.
 - (3) Teneur en air mesurée après la projection dans l'airmètre.
 - (4) Caractéristique d'affaissement et de teneur en air mesuré à la sortie du camion malaxeur après l'ajout de superplastifiant s'il y a lieu.

- 6.34.3.8.2 Les travaux doivent être réalisés en utilisant du béton projeté par procédé à sec ou par procédé humide. Pour les surfaces en surplomb, la réparation doit être effectuée avec du béton projeté par le procédé à sec.

6.34.4 ÉQUIPEMENT ET OUTILLAGE

6.34.4.1 BÉTONNIÈRE MOBILE

- 6.34.4.1.1 Pour les projections de béton en petite quantité, le béton peut être dosé et mélangé au chantier dans une bétonnière mobile conformément à la norme ASTM C685/C685M, à moins d'indication contraire de l'ingénieur.

- 6.34.4.1.2 Si l'**Entrepreneur** choisit de fournir le béton à partir d'installations flottantes, une usine mobile sur la barge est permise si l'usine est conforme à toutes les exigences de la norme ASTM C685/C685M. Des essais de gâchage doivent alors être effectués par l'**Entrepreneur** ainsi que des essais pour définir les séquences et temps de malaxage pour chaque ingrédient du mélange.
- 6.34.4.1.3 La bétonnière mobile et son opérateur devront être identifiés et seulement ceux-ci seront autorisés à fournir le béton durant les travaux. Les résultats de ces essais doivent être consignés par écrit et une copie doit être remise à l'Ingénieur avant le début des travaux de projection du béton. Les aires d'entreposage des matériaux doivent être conformes aux exigences de la norme CAN/CSA-A23.1 et doivent être aménagées afin de protéger les matériaux contre l'humidité et autres conditions climatiques.
- 6.34.4.1.4 Le premier 0,25 m³ de béton utilisé pour la préparation et le calibrage des équipements ne peut être utilisé et doit être rejeté.
- 6.34.4.2 MALAXEUR OU PRÉ-HUMIDIFICATEUR (BÉTON PROJETÉ PAR PROCÉDÉ À SEC)
- 6.34.4.2.1 Le malaxeur ou le pré-humidificateur utilisé pour pré-humidifier les ingrédients pré-mélangés doit avoir la capacité de produire un mélange uniforme de façon constante, à une teneur en eau de 3% à 6% de la masse totale du mélange et doit être de capacité suffisante pour qu'il n'y ait pas de délai dans l'exécution des travaux. Le déchargement des matériaux doit se faire sans ségrégation. La décharge de matériaux complètement secs dans la lance à béton projeté n'est pas permise.
- 6.34.4.2.2 Pour les matériaux mélangés au chantier, si la teneur en humidité du sable est trop basse pour fournir une teneur en humidité des matériaux de béton projeté mélangés dans la plage de 3% à 6%, l'**Entrepreneur** doit alors pré-humidifier le béton projeté dans un pré-humidificateur, avant de le décharger dans la lance à béton projeté.
- 6.34.4.3 POMPE (BÉTON PROJETÉ PAR PROCÉDÉ À SEC)
- 6.34.4.3.1 La pompe doit être constituée d'un réservoir dans lequel le mélange venant du malaxeur est déversé. Une pression d'air doit être établie à l'intérieur du réservoir de façon à ce que le boyau et la lance de projection soient alimentés d'une façon continue, à la vitesse requise, pour fournir un jet constant de matériau mélangé uniformément.
- 6.34.4.4 BOYAUX ET LANCE
- 6.34.4.4.1 Les boyaux doivent être flexibles, avoir un diamètre minimal de 38 mm, doivent pouvoir supporter les pressions requises, et être munis de joints étanches pour relier entre elles les sections de boyaux.

6.34.4.4.2 Pour le béton projeté par procédé à sec, la lance de projection doit être munie d'un embranchement avec soupape ajustable pour raccorder le boyau d'alimentation d'eau. À son arrivée dans la lance, l'eau doit traverser un anneau perforé qui assure un mélange uniformément hydraté à la sortie de la lance de projection. La garniture intérieure de cette lance de projection doit être renouvelée au besoin. L'arrivée d'eau doit pouvoir être ajustée au besoin.

6.34.4.4.2.1 L'anneau d'alimentation en eau doit être vérifié pendant l'opération pour déceler tout signe de blocage des trous individuels de vaporisation d'eau. Si de l'avis de l'Ingénieur le béton projeté déchargé n'est pas humidifié de façon uniforme, l'**Entrepreneur** doit cesser de projeter le béton, et doit nettoyer l'anneau d'alimentation en eau ou prendre d'autres mesures correctives.

6.34.4.5 POMPE À EAU (BÉTON PROJETÉ PAR PROCÉDÉ À SEC)

6.34.4.5.1 La pompe à eau doit avoir la capacité de fournir une pression d'eau supérieure de 105 kPa à la pression d'air requise pour que l'eau soit mélangée aux matériaux de béton pré-mélangés. Si la pression de la conduite d'alimentation en eau est inadéquate, l'**Entrepreneur** doit installer sur la conduite d'alimentation en eau une pompe de surpression afin de fournir une pression d'eau uniforme.

6.34.4.6 COMPRESSEUR

6.34.4.6.1 Le compresseur doit avoir la capacité de fournir la quantité suffisante d'air propre et sec, à la pression requise (310 kPa au minimum) pour 45 m de boyau, pour empêcher toute fluctuation de pression et pour maintenir une vitesse suffisante au mélange à la lance.

6.34.4.6.2 La pression minimale doit être augmentée de 35 kPa pour chaque longueur supplémentaire de 15 m de boyau. De plus, la pression d'opération doit être augmentée de 35 kPa pour chaque longueur de 8 m supplémentaire de dénivelé entre le compresseur et la lance de projection

6.34.4.6.3 Les pressions minimales doivent être respectées en considérant l'utilisation d'appareils auxiliaires tels que sans s'y limiter, un boyau de nettoyage au jet d'air et/ou un boyau de pré-humidificateur.

6.34.4.6.4 Le système d'alimentation en air doit contenir une trappe à humidité et à huile pour empêcher la contamination du béton projeté.

6.34.4.7 ÉQUIPEMENTS AUXILIAIRES

6.34.4.7.1 L'équipement auxiliaire pour le béton projeté, comme le boyau de décharge, le boyau d'eau, les pompes de surpression, les boyaux de nettoyage au jet d'air, les raccords, les dispensateurs d'adjuvants et les alimentateurs en fibre doivent être conformes aux exigences de la norme ACI 506R.

6.34.4.8 POMPE À BÉTON (PROCÉDÉ HUMIDE)

- 6.34.4.8.1 L'équipement de pompage doit être conforme aux exigences de la norme CAN/CSA-A23.1.
- 6.34.4.8.2 La pompe à béton utilisée doit pouvoir pomper le béton, sans modification du dosage du mélange, dans les longueurs de conduites, et aux débits requis.
- 6.34.4.8.3 Aucun ajustement sur les mélanges pour obtenir un mélange à plus forte teneur en ciment, à rapport de sable/pierre élevé ou à un affaissement plus élevé que les exigences du devis n'est permis pour rencontrer les exigences de certains modèles.

6.34.5 EXÉCUTION DES TRAVAUX

6.34.5.1 RÉUNION PRÉ-TRAVAUX

- 6.34.5.1.1 L'**Entrepreneur** doit tenir une réunion pré-travaux au moins quatorze (14) jours de calendrier avant le début des travaux de projection. L'**Entrepreneur** doit alors faire valider les éléments suivants par l'Ingénieur :
 - 6.34.5.1.1.1 la méthode proposée de mise en place pour chaque type de réparation selon les dessins et devis;
 - 6.34.5.1.1.2 les matériaux de réparation proposés selon les exigences du présent devis, incluant les réajustements réalisés dans le cadre des essais de convenance, le cas échéant;
 - 6.34.5.1.1.3 le programme de contrôle de la qualité établi par l'**Entrepreneur**.

6.34.5.2 MÉLANGE DE BÉTON

- 6.34.5.2.1 L'**Entrepreneur** est responsable du dosage du mélange de béton proposé et doit fournir à l'Ingénieur quatorze (14) jours de calendrier avant les opérations de projection, les formules de mélange et les méthodes de mise en place proposées.
- 6.34.5.2.2 L'**Entrepreneur** doit fournir une fiche descriptive du mélange de béton de ciment datée et signée par le responsable du contrôle de la qualité du fabricant. Cette fiche doit dater de moins d'un an.
- 6.34.5.2.3 Mélange de béton - Procédé humide
 - 6.34.5.2.3.1 La fiche descriptive pour le mélange de béton doit comprendre les informations suivantes :
 - une désignation, un numéro ou un code de mélange;

- la masse volumique du béton frais en kg/m³ du mélange pour la teneur en air et l'affaissement spécifiés;
- la masse de ciment en kg/m³ du mélange;
- la quantité d'eau en l/m³ du mélange;
- la masse des granulats fins et des gros granulats en kg/m³ du mélange (état saturé, surface sèche);
- le rapport massique eau/liant, en considérant que les granulats sont dans un état saturé, surface sèche;
- la résistance à la compression spécifiée;
- les limites de teneur en air et d'affaissement;
- les types d'adjuvants, le nom des produits et de leur fabricant et les quantités proposées;
- le type de ciment, sa provenance et l'identification de la cimenterie;
- un rapport d'un laboratoire reconnu, datant de moins de trois (3) ans, établissant pour le mélange fourni les caractéristiques du réseau de bulles d'air entraîné, soit la teneur en air, le facteur d'espacement des bulles d'air et la surface spécifique;
- les caractéristiques intrinsèques de fabrication et complémentaires des granulats fins et grossiers ainsi que leur provenance pour chaque année civile;
- la granulométrie, la masse volumique pilonnée à sec, la densité relative brute (état saturé, surface sèche), le pourcentage d'absorption des granulats fins et des gros granulats ainsi que le module de finesse et l'indice colorimétrique du granulat fin;
- un rapport d'un laboratoire reconnu établissant le potentiel de la réactivité alcali-granulat datant de moins de trois (3) ans;
- les résultats des essais de performance et de convenance si exigé aux *Conditions techniques particulières*.

6.34.5.2.4 Mélange de béton - Procédé à sec

- 6.34.5.2.4.1 La fiche descriptive pour le mélange de béton ensaché doit comprendre, en plus des informations exigées à l'article 6.34.5.2.3.1, les informations suivantes:
- l'usage recommandé;
 - les précautions et limitations.

6.34.5.2.5 Les formules de mélange doivent être examinées et vérifiées par le laboratoire du **Propriétaire**. Le **Propriétaire** se réserve le droit d'exiger des changements à la formule afin que celle-ci soit conforme au devis.

6.34.5.2.6 L'Ingénieur peut demander à l'**Entrepreneur** de soumettre des échantillons des adjuvants qu'il prévoit utiliser.

6.34.5.2.7 Un certificat du fabricant doit accompagner tous les échantillons d'adjuvants, attestant qu'ils sont de même composition que ceux qui seront fournis par l'**Entrepreneur** pour être mis en œuvre.

6.34.5.3 DOSAGE ET FABRICATION DU BÉTON

6.34.5.3.1 L'**Entrepreneur** doit s'approvisionner auprès d'un fabricant en mesure de garantir que les installations, le matériel, les matériaux utilisés dans la fabrication du béton ainsi que toutes les opérations relatives à la fabrication du béton sont conformes à la norme CAN/CSA A23.1.

6.34.5.3.2 L'usine du fabricant de béton doit détenir un certificat de conformité délivré par le BNQ conformément au protocole de certification NQ-2621-905.

6.34.5.4 BORDEREAU DE LIVRAISON

6.34.5.4.1 Pour le procédé humide, avant de décharger le béton, l'**Entrepreneur** doit présenter à l'Ingénieur un bordereau de livraison sur lequel doivent être indiquées les informations suivantes :

- la dénomination (raison sociale) du fabricant de béton avec l'identification de la centrale de dosage;
- la date et le numéro d'identification du bordereau;
- le nom de l'**Entrepreneur** à qui le béton doit être livré;
- la désignation de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage;
- la classe du béton;
- le numéro de la formule de dosage comprenant les quantités soit de ciment, d'eau, de gros granulats, de granulats fins et d'adjuvants réellement incorporés au mélange;
- les adjuvants utilisés;
- les limites de température spécifiées pour le béton frais;

- les limites de teneur en air;
- les limites d'affaissement;
- la quantité de béton en mètres cubes;
- le numéro de camion, le total cumulé pour la coulée et le numéro de chargement;
- l'heure du chargement;
- l'heure d'arrivée au chantier;
- l'heure du début du déchargement;
- la quantité d'eau ajoutée après le dosage et la signature de l'Ingénieur ayant autorisé cet ajout.

6.34.5.4.2 Pour le procédé à sec, les indications suivantes doivent apparaître sur les sacs:

- le nom du fabricant;
- le nom du produit;
- la masse sèche
- l'agent entraîneur d'air
- l'accélérateur de prise;
- le rendement;
- les recommandations d'application;
- la durée d'entreposage;
- le numéro de lot.

6.34.5.5 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

6.34.5.5.1 L'**Entrepreneur** doit établir, maintenir et défrayer les coûts d'un programme de contrôle de la qualité pour les travaux de béton projeté, afin d'assurer la conformité des travaux avec les exigences contractuelles. Un tel programme doit comprendre, sans toutefois s'y limiter :

- 6.34.5.5.1.1 la tenue des registres d'essais pour toutes les opérations de contrôle de la qualité, incluant ce qui suit :
- 6.34.5.5.1.1.1 pour les matériaux dosés au chantier le cas échéant, le contrôle de la granulométrie et de la teneur en humidité des granulats. À cet effet, l'**Entrepreneur** doit effectuer une vérification de la teneur en humidité au début de chaque application de béton projeté et à chaque changement de teneur en humidité dans les granulats;
- 6.34.5.5.1.1.2 pour les matériaux pré-mélangés et pré-ensachés, la mise à l'essai de lessivage à la fréquence prescrite par l'Ingénieur pour vérifier la teneur en ciment, la courbe granulométrique des granulats, et la teneur en fibres dans le cas des bétons projetés renforcés à l'aide de fibres;
- 6.34.5.5.1.1.3 pour les bétons projetés à dosage volumétrique, les vérifications de dosage par masse des proportions en humidité et des proportions du mélange à la fréquence prescrite;
- 6.34.5.6 ESSAI DE CONVENANCE
- 6.34.5.6.1 L'**Entrepreneur** doit mettre en œuvre un essai de convenance pour permettre à l'Ingénieur d'évaluer la conformité des matériaux proposés, du mélange de béton projeté, de l'équipement et du personnel, aux prescriptions du Contrat.
- 6.34.5.6.2 Chaque lancier doit préparer des panneaux d'essai de convenance. Les panneaux d'essais doivent être produits conformément aux exigences de la norme ASTM C1140 et avoir les dimensions minimales de 750 X 750 mm X 125 mm de profondeur. Les panneaux d'essai doivent être fabriqués en contreplaqué ou en acier scellé et avoir des bordures en pente à 45 degrés pour permettre aux matériaux de rebond de s'échapper.
- 6.34.5.6.3 La moitié des panneaux d'essai doivent contenir de l'armature et des ancrages représentatifs des grosseurs et espacements requis pour les travaux. La seconde moitié des panneaux ne doit pas contenir d'armature (à l'exception des fibres d'armature) pour permettre l'extraction d'échantillons de béton projeté en vue des essais de conformité.
- 6.34.5.6.4 L'**Entrepreneur** doit faire préparer un panneau d'essai par lancier proposé pour le présent Contrat et pour chaque mélange utilisé selon chaque orientation de projection anticipée.
- 6.34.5.6.5 Pour le béton projeté par procédé à sec, l'Ingénieur établit la valeur de la consistance du béton à l'aide d'un pénétromètre à aiguille sur lequel l'**Entrepreneur** doit ajouter un embout spécifique pour le béton projeté. La valeur obtenue lors de l'essai de convenance servira de référence pour l'acceptation des travaux.

- 6.34.5.6.6 Le laboratoire du **Propriétaire** extraira trois (3) échantillons du béton projeté sans armature à chaque âge de mise à l'essai, pour vérifier les paramètres de performance prescrits dans le présent devis, à l'exception de la mesure de la perméabilité aux chlorures, essai ASTM C 1202 pour laquelle deux (2) échantillons suffiront.
- 6.34.5.6.7 Le laboratoire du **Propriétaire** extraira trois (3) carottes de 100 mm de diamètre aux endroits où des barres et du treillis d'acier d'armature s'entrecroisent et une carotte à l'emplacement d'un ancrage pour vérifier que la consolidation du béton projeté est adéquate autour de l'armature.
- 6.34.5.6.8 L'Ingénieur évaluera la qualité des carottes extraites et des panneaux d'essai. Lorsqu'un panneau d'essai est rejeté, il sera permis au lancier de préparer un second panneau d'essai. Si le second panneau d'essai est également rejeté, le lancier ne pourra effectuer de travaux dans le cadre du présent Contrat, à moins d'entente ou indication contraire de l'Ingénieur.
- 6.34.5.6.9 Les panneaux d'essai de convenance doivent subir un mûrissement humide avec des toiles de polyéthylène à une température comprise entre 15°C et 30°C, pendant au moins vingt-quatre (24) heures au chantier et ne doivent pas être déplacés.
- 6.34.5.6.10 Si les échantillons des essais de convenance ne rencontrent pas les exigences de performance du présent devis, l'**Entrepreneur** doit apporter les ajustements nécessaires et préparer de nouveaux panneaux d'essai. Les travaux de béton projeté ne peuvent pas commencer avant que les exigences de performance ne soient rencontrées.

6.34.5.7 QUALIFICATION DU PERSONNEL, MÉTHODES ET ÉQUIPEMENTS

- 6.34.5.7.1 Quatorze (14) jours avant le début des travaux de béton projeté, l'**Entrepreneur** doit transmettre à l'Ingénieur un document qui démontre ce qui suit :
- 6.34.5.7.1.1 les qualifications et l'expérience de l'équipe de travail. Les travaux de béton projeté doivent être exécutés uniquement par des spécialistes pleinement qualifiés. À cet effet, les lanciers doivent avoir obtenus la certification ACI506-3R-91.
- 6.34.5.7.1.2 une liste de l'équipement proposé pour le béton projeté, y compris la marque, le modèle et la capacité de la lance à béton projeté, du pré-humidificateur et du compresseur d'air;
- 6.34.5.7.1.3 la méthode de mûrissement et de protection proposée par l'**Entrepreneur** pour le béton projeté.

6.34.5.8 PRÉPARATION DES SURFACES EXISTANTES AVANT LA PROJECTION

6.34.5.8.1 Surfaces existantes (béton ou roc)

6.34.5.8.1.1 Toutes les surfaces doivent être propres, fermes et exemptes de fragments détachés ou peu solides, de bran de scie, de glace, de neige et de toute autre substance étrangère ou de débris et elles doivent être suffisamment rugueuses pour assurer l'obtention d'une adhérence complète avec le nouveau béton.

6.34.5.8.1.2 Dans le cas de surfaces de béton durci, la laitance doit être enlevée et les granulats partiellement exposés.

6.34.5.8.1.3 Les surfaces rocheuses peuvent être nettoyées au jet d'air, au jet d'eau, au jet d'abrasif ou par un brossage vigoureux.

6.34.5.8.1.4 Les surfaces doivent être rugueuses et la rugosité de la surface traitée doit avoir une amplitude d'au moins 5 mm.

6.34.5.8.1.5 L'**Entrepreneur** doit ensuite débarrasser les surfaces du surplus d'eau en utilisant uniquement le jet d'air.

6.34.5.8.1.6 L'**Entrepreneur** doit contrôler et éliminer toute infiltration d'eau de même que toutes les accumulations qui se sont formées dans les creux, à la satisfaction de l'Ingénieur.

6.34.5.8.2 Surfaces de béton démolies

6.34.5.8.2.1 L'**Entrepreneur** doit démolir le béton détérioré et effectuer la préparation des surfaces en conformité avec les exigences de la sous-section 6.21 *Démolition et enlèvement*.

6.34.5.8.2.2 Après nettoyage au jet d'eau, l'**Entrepreneur** doit débarrasser les surfaces du surplus d'eau en utilisant uniquement le jet d'air.

6.34.5.8.2.3 Avant la projection du béton, toute eau d'infiltration dans la zone de travail doit être contrôlée et toute accumulation d'eau dans les dépressions doit être enlevée à la satisfaction de l'Ingénieur.

6.34.5.8.2.4 Au moins trois (3) heures avant de projeter le nouveau béton, l'**Entrepreneur** doit bien humidifier les surfaces à réparer afin qu'elles soient dans un état saturé à surface sèche. Le surplus d'eau doit être enlevé au jet d'air 15 minutes avant la mise en place du béton de façon à ce que le béton soit dans un état saturé à surface sèche au moment de la mise en place.

6.34.5.9 APPLICATION DU BÉTON PROJETÉ

6.34.5.9.1 Conditions d'application

6.34.5.9.1.1 Toutes les zones préparées en vue de réparations au béton projeté doivent être revues et acceptées par l'Ingénieur avant l'application du béton projeté.

6.34.5.9.1.2 L'**Entrepreneur** ne doit pas appliquer de béton projeté pendant les périodes de pluie ou de vent violent qui pourrait nuire au jet de béton projeté, à moins qu'il n'installe des couvertures de protection appropriées, des enceintes ou des coupe-vent. Il est interdit d'entreprendre ou de poursuivre les travaux de béton projeté lorsque les surfaces à recouvrir sont exposées à la pluie ou au ruissellement.

6.34.5.9.1.3 Contrôle de la température

6.34.5.9.1.3.1 La température du béton livré sur le chantier doit être conforme à la norme CAN/CSA A23.1 et être mesurée à la sortie du camion malaxeur conformément à la norme ASTM C1064/C1064M.

6.34.5.9.1.3.2 La température du béton projeté appliqué doit de préférence être dans la plage de 10°C à 20°C, mais ne doit pas être en dehors de la plage de 10°C à 25°C.

6.34.5.9.1.4 Si les conditions ambiantes (humidité relative, vitesse du vent, température de l'air et exposition directe à la lumière du soleil) sont telles que le béton projeté développe du retrait plastique ou de la fissuration de retrait pendant la prise initiale, l'**Entrepreneur** doit cesser l'application du béton projeté et reporter les travaux à un moment où des conditions ambiantes plus favorables prévaudront ou adopter des mesures correctives.

6.34.5.9.1.5 Projection de béton par temps chaud

6.34.5.9.1.5.1 Dans les conditions intenses d'assèchement, les coffrages, l'armature et le matériel de projection doivent être protégés des rayons directs du soleil ou refroidis par brumisation et évaporation.

6.34.5.9.1.5.2 L'**Entrepreneur** doit mettre en œuvre tous les moyens nécessaires afin que le taux d'évaporation soit inférieur à 1,0 kg/m²h tel que prescrit à l'Annexe D à la norme CSA A23.1.

6.34.5.9.1.5.3 Si le taux d'évaporation dépasse, ou risque de dépasser la limite décrite ci-haut, l'**Entrepreneur** doit prendre les mesures qui s'imposent, incluant une des mesures suivantes :

- ériger des paravents autour des surfaces de béton;

- mouiller le support avant la mise en place du béton;
- monter des pare-soleil au-dessus du béton pendant le finissage;
- abaisser la température du béton;
- recouvrir la surface du béton d'une pellicule de polyéthylène entre les phases de finissage;
- entreprendre la cure du béton immédiatement après le finissage à la truelle;
- mettre le béton en place et le finir pendant la nuit.

6.34.5.9.1.5.4 L'**Entrepreneur** doit cesser l'application de béton projeté si la température ambiante s'élève au-dessus de 30°C, à moins que l'**Entrepreneur** n'adopte des méthodes spéciales de projection de béton par temps chaud, qui doivent être préalablement acceptées par l'Ingénieur.

6.34.5.9.1.6 Projection de béton par temps froid

6.34.5.9.1.6.1 Lorsque la température ambiante est de 5°C ou moins, ou lorsqu'il y a probabilité qu'elle chute sous 5°C dans les vingt-quatre (24) heures de la mise en place (selon les prévisions de la station météorologique d'Environnement Canada la plus proche des travaux), tout le matériel et les matériaux nécessaires pour assurer la protection du béton et sa cure doivent être disponibles et prêts à être utilisés avant le début du bétonnage.

6.34.5.9.1.6.2 La neige et la glace doivent être enlevées avant que le béton projeté soit placé sur quelque surface que ce soit. L'**Entrepreneur** ne doit pas utiliser de chlorure de calcium ou autres sels pour le déglacage des coffrages ou du substrat.

6.34.5.9.1.6.3 Toutes les surfaces avec lesquelles le béton frais vient en contact doivent être préalablement réchauffées à une température minimale de 10°C et maintenues à cette température durant une période minimale de douze (12) heures successives avant la projection du béton. Le béton ne doit pas être projeté contre une surface dont la température contribuerait à abaisser celle du béton.

6.34.5.9.1.6.4 Par temps froid, l'**Entrepreneur** doit assurer au béton la protection appropriée pendant toute la période de mise en place et de cure. Cette protection doit être assurée au moyen d'abris chauffés, de couvertures, d'isolation, ou par une combinaison de ces mesures.

6.34.5.9.1.6.4.1 L'abri peut être chauffé à la vapeur vive, à l'air chaud pulsé, ou au moyen d'appareils de chauffage fixes.

- 6.34.5.9.1.6.4.2 Dans le cas des appareils qui dégagent du gaz carbonique, l'**Entrepreneur** doit prendre soin d'évacuer ce gaz hors de l'abri. Le gaz carbonique ne doit en aucun cas entrer en contact avec le béton.
- 6.34.5.9.1.7 Délai prescrit entre le dosage et la mise en place
- 6.34.5.9.1.7.1 En aucun moment, le temps écoulé entre la fabrication et le déchargement ne doit excéder 120 minutes. Toute dérogation à cette exigence doit être approuvée par l'Ingénieur avant la mise en place du béton.
- 6.34.5.9.1.7.2 Si le délai depuis le dosage dépasse 90 minutes, la teneur en air et la température du béton doivent être vérifiées de nouveau par l'**Entrepreneur**.
- 6.34.5.9.1.7.3 Le béton qui n'a pas été mis en place dans le délai prescrit ne peut être utilisé.
- 6.34.5.9.2 Application
- 6.34.5.9.2.1 L'application de béton projeté sur des surfaces verticales doit se faire en commençant au bas de la réparation.
- 6.34.5.9.2.2 Les travaux de béton projeté doivent être conformes aux normes ACI 506R et ACI 506.2. Partout où c'est possible, l'**Entrepreneur** doit appliquer le béton projeté sur la pleine épaisseur en une seule couche. Dans le cas contraire, l'**Entrepreneur** doit utiliser le nombre minimum de couches requises pour obtenir la pleine épaisseur de béton projeté sans affaissement, séparation et ondulation. Le tout doit être effectué à l'intérieur du délai de 120 minutes à partir de la fabrication du mélange.
- 6.34.5.9.2.3 L'utilisation de la lance à béton projeté doit se faire selon les règles de l'art et tel que prescrit dans la norme ACI 506R. En particulier :
- 6.34.5.9.2.3.1 l'**Entrepreneur** doit orienter la lance à angle droit et à environ 1 m de la surface réceptrice, sauf pour remplir les coins et pour finir les bordures et envelopper l'acier d'armature de fort diamètre;
- 6.34.5.9.2.3.2 la combinaison de la pression d'air dans la lance, de la teneur en humidité du béton projeté et de la distance de la lance à la surface réceptrice doit être optimisée afin d'obtenir la consolidation maximale du béton projeté;
- 6.34.5.9.2.3.3 l'**Entrepreneur** doit prendre soin pendant l'enrobage de l'acier et du treillis d'armature, de maintenir la face frontale de l'armature propre pendant les travaux de projection du béton, de façon à ce que le béton projeté s'accumule à partir de l'arrière, que l'armature soit enrobée et de façon à prévenir la formation de poches de vides et de sable.

- 6.34.5.9.2.4 Lorsque l'**Entrepreneur** procède par couches multiples, la première couche doit être préparée avant l'application de la couche subséquente par une des méthodes suivantes selon le cas :
- 6.34.5.9.2.4.1 soit par balayage de la couche posée à l'aide d'un balai rigide à poils raides pour enlever tous les matériaux non adhérents, les éclaboussures ou les glacis de matériau de rebond avant que le béton ait atteint la prise initiale;
- ou
- 6.34.5.9.2.4.2 si le béton a atteint la prise initiale, l'**Entrepreneur** doit retarder d'au moins vingt-quatre (24) heures la préparation de surface, après quoi la surface doit être préparée par décapage au jet de sable ou au moyen de jets d'eau sous haute pression, pour enlever tous les matériaux non adhérents, les éclaboussures, les glacis de matériau de rebond solidifiés, ou autres matériaux nuisibles à une bonne adhérence.
- 6.34.5.9.2.5 Lorsque des couches successives de béton sont requises pour obtenir la pleine épaisseur de béton projeté, l'**Entrepreneur** doit, par vaporisation ou par mouillage, empêcher la première couche de sécher. L'utilisation d'un produit de cure ne sera permise que sur autorisation écrite préalable de l'Ingénieur. Si l'**Entrepreneur** utilise un produit de cure, il doit l'enlever par nettoyage au jet d'abrasif ou au moyen de jets d'eau à haute pression, avant l'application de la couche suivante. La couche sous-jacente doit être exempte d'eau de surface et dans un état saturé à surface sèche au moment de l'application de la couche suivante.
- 6.34.5.9.2.6 L'**Entrepreneur** doit prendre soin de protéger les surfaces adjacentes des accumulations de matériau de rebond et d'éclaboussures. L'**Entrepreneur** doit enlever les matériaux de rebond et les éclaboussures des surfaces qui doivent recevoir le béton projeté, ce qui est le mieux accompli alors que le matériau est encore plastique, au moyen de boyaux à air comprimé, de grattoirs, de brosses en fil de métal ou d'autres outils appropriés. Les matériaux de rebond et les éclaboussures consolidés doivent être enlevés avant l'application de béton projeté additionnel, par décapage au jet d'abrasifs, au moyen de marteaux piqueurs, de jets d'eau à haute pression ou d'autres techniques appropriées.
- 6.34.5.9.2.7 Les matériaux de rebond et les éclaboussures ne peuvent pas être utilisés pour les travaux et doivent être évacués du chantier.
- 6.34.5.9.2.8 L'**Entrepreneur** doit appliquer le béton projeté selon les limites, niveaux et tolérances requis détaillés sur les dessins, au moyen de fils d'alignement, jauges de profondeur, bandes guides, coffrages ou autres dispositifs appropriés. L'**Entrepreneur** doit appliquer le béton projeté de façon à fournir le recouvrement minimal requis aux dessins.
- 6.34.5.9.2.9 L'**Entrepreneur** doit couper à 5 mm sous la surface du béton projeté toutes les jauges de profondeur en métal afin d'empêcher la souillure par corrosion de la surface.

6.34.5.9.2.10 Dans le cas du béton projeté avec granulats maximal de 10 mm ou du béton projeté renforcé de fibres, l'application d'une couche finale de 5 mm à 20 mm d'épaisseur de béton projeté avec granulats de 5 mm de grosseur maximale sera permis.

6.34.5.10 FINITION DES SURFACES

6.34.5.10.1 Avant de procéder à la finition, l'**Entrepreneur** doit couper le béton projeté selon les limites et les pentes prescrites au moyen d'outils tranchants ou d'autres dispositifs. L'**Entrepreneur** doit laisser le béton projeté durcir suffisamment avant la coupe et l'amincissement afin d'empêcher la formation de déchirures, fissures, délamination et écaillage. L'**Entrepreneur** doit enlever les fils d'alignement lorsque la coupe et l'amincissement sont complétés. Le profil de surface doit être vérifié et corrigé à l'aide d'une règle de 3 m. Toutes les dépressions supérieures à 15 mm sur 3 m doivent être corrigées.

6.34.5.10.2 À moins de l'indication contraire aux dessins ou *aux Conditions techniques particulières*, l'**Entrepreneur** doit fournir une finition de texture comparable aux surfaces existantes, soit en laissant le béton projeté dans l'état de finition naturel projeté si la texture est adéquate, soit en utilisant une des méthodes suivantes :

- finition à la taloche de bois : soit comme finition préliminaire pour d'autres traitements de surface ou comme finition de texture granuleuse;
- finition à la taloche de caoutchouc : afin de produire une finition de texture granuleuse plus fine;
- finition à la brosse fine de métal : laissant une finition de texture fine, sableuse;
- finition à la truelle d'acier : laissant une finition dense, douce et dure.

6.34.5.11 NETTOYAGE

6.34.5.11.1 L'**Entrepreneur** doit évacuer tous les débris, abrasifs de décapage au jet, les éclaboussures et matériaux de rebond enlevés, selon les exigences de la sous-section 6.13 *Protection environnementale*.

6.34.5.12 JOINTS DE CONSTRUCTION

6.34.5.12.1 Les joints de construction représentent des points d'arrêt et ne sont permis qu'aux endroits indiqués sur les dessins ou aux Conditions techniques particulières.

6.34.5.12.2 Les joints de construction non indiqués sur les dessins doivent être autorisés par l'ingénieur et situés et conçus de manière à nuire le moins possible à la résistance du béton et à l'esthétique de l'ouvrage.

6.34.5.12.3 Lorsqu'un joint de construction doit être effectué, la surface de béton qui a fait prise doit être suffisamment rugueuse, être totalement débarrassée des corps étrangers et de la laitance, saturée d'eau et conservée humide, sans excès d'eau en surface, jusqu'au moment de la reprise du bétonnage, le tout en conformité avec l'article 6.33.5.5.1 *Surfaces existantes (béton ou roc)*.

6.34.5.12.4 Au moment de la pose des coffrages, des bandes de chanfrein doivent être placées aux joints de manière à ce que leur arête apparente ait un fini uniforme.

6.34.5.13 ÉTANCHÉITÉ DES JOINTS DE CONSTRUCTION

6.34.5.13.1 Joint de contrôle de retrait

6.34.5.13.1.1 Pour les joints de contrôle de retrait, en plus des exigences de la norme CSA A23.1, l'**Entrepreneur** doit respecter les exigences additionnelles suivantes :

6.34.5.13.1.2 les joints de contrôle de retrait, également désignés «joints de rupture», doivent être exécutés par sciage, façonnage à la main ou par insertion dans la surface du béton de baguettes préformées favorisant la fissuration;

6.34.5.13.1.3 les joints de contrôle de retrait ne sont permis qu'aux dessins;

6.34.5.13.1.4 à moins d'indications contraires aux dessins, les joints doivent être espacés selon un quadrillage d'au plus 4,5 m entre axes;

6.34.5.13.1.5 les joints façonnés et les baguettes préformées doivent s'enfoncer dans le béton à une profondeur d'au moins 25 mm.

6.34.5.13.2 Rustication des joints

6.34.5.13.2.1 À moins d'indication contraire aux dessins, tous les joints de construction et les joints de retrait horizontaux et verticaux doivent être rustiqués au moyen de bandes de chanfrein de 20 mm placées dans les coffrages.

6.34.5.13.2.2 Les bandes de chanfrein doivent être faites du même matériau que les coffrages.

6.34.5.13.2.3 Les bandes de chanfrein doivent être placées de manière à laisser dans le béton une rainure nette et régulière, à tous les joints de construction, le long des arêtes verticales apparentes des joints de retrait, et à tous les coins et arêtes exposés du béton.

6.34.5.13.2.4 Toutes les bandes de chanfrein doivent être de section égale, placées de niveau et bien alignées

6.34.5.14 CURE DU BÉTON

6.34.5.14.1 Méthode de cure

- 6.34.5.14.1.1 Dès que la finition est complétée, l'**Entrepreneur** doit immédiatement appliquer un produit de cure chimique afin d'empêcher temporairement le béton projeté de sécher. La cure humide doit commencer au plus tard 60 minutes après la finition de surface et l'application du produit de cure chimique.
- 6.34.5.14.1.2 Lorsque le béton a atteint la prise finale, l'**Entrepreneur** doit le maintenir humide de façon continue pour une période de sept (7) jours, à moins d'indications contraires aux *Conditions techniques particulières*, L'**Entrepreneur** doit effectuer la cure en atmosphère humide en utilisant une ou plusieurs des méthodes suivantes :
- 6.34.5.14.1.2.1 envelopper les éléments dans des toiles de jute humides, recouverte de feuille imperméable faite de polyéthylène pour ralentir le taux de séchage des toiles de jute et les maintenir continuellement humides par un système d'alimentation d'eau;
- 6.34.5.14.1.2.2 installer des gicleurs, des boyaux d'arrosage ou d'autres dispositifs qui maintiennent les réparations de béton projeté humides de façon continue et assurent qu'aucun dommage n'est causé à la surface de béton. Le recours à des méthodes d'humidification intermittente qui permettent au béton projeté de subir des cycles d'humidification et de séchage pendant la période de cure est interdite.
- 6.34.5.14.1.3 Les travaux de béton dont le mûrissement n'est pas effectué conformément aux exigences du devis ou aux instructions de l'Ingénieur ne seront pas payés. De plus, le **Propriétaire** se réserve le droit de faire reprendre les travaux de béton aux frais de l'**Entrepreneur** si, de l'avis de l'Ingénieur, les travaux de béton ont subi une perte de qualité résultant du manque de mûrissement.
- 6.34.5.14.1.4 Cure par temps froid
- 6.34.5.14.1.4.1 Le béton doit être maintenu à une température minimale de 10°C pendant la période minimale de cure de sept (7) jours.
- 6.34.5.14.1.4.2 La cure humide doit de terminer douze (12) heures avant la fin de la période de protection.
- 6.34.5.14.1.4.3 Cette période minimale de protection du béton doit être prolongée tant que le béton n'a pas atteint 70% de la résistance exigée à vingt-huit (28) jours, ou selon la résistance spécifiée aux *Conditions techniques particulières*.
- 6.34.5.14.1.4.4 Les appareils de chauffage doivent être de capacité et en nombre suffisants pour maintenir le béton à la température exigée.

- 6.34.5.14.1.4.5 Si des appareils qui dégagent du gaz carbonique sont utilisés, l'**Entrepreneur** doit prendre soin d'évacuer ce gaz hors de l'abri. Le gaz carbonique ne doit en aucun cas entrer en contact avec le béton.
- 6.34.5.14.1.4.6 Après la période de protection, la température du béton doit être abaissée graduellement pendant les vingt-quatre (24) premières heures. Le taux de diminution ne doit pas être supérieur à 10°C/h. Le béton ne doit pas être mis en contact avec l'air extérieur si la différence entre la température à la surface du béton et celle de l'air extérieur est supérieure à 20°C.
- 6.34.5.14.1.4.7 Pendant toute la durée de la protection, l'**Entrepreneur** doit fournir et installer en nombre suffisant des thermomètres qui enregistrent les températures minimale et maximale pour vérifier la température du béton en place et un thermomètre pour vérifier la température de l'air extérieur.
- 6.34.5.14.1.4.8 Tout béton endommagé à cause du gel ou de l'insuffisance des moyens de protection ou d'une cure insuffisante doit être enlevé et remplacé par l'**Entrepreneur** sans frais additionnels pour le **Propriétaire**.

6.34.5.15 ACCEPTATION DU BÉTON PROJETÉ

- 6.34.5.15.1 L'Ingénieur a l'autorité d'accepter ou de rejeter les travaux de béton projeté en fonction du paragraphe 6.34.5.15.2 et ce, sans s'y limiter. L'**Entrepreneur** doit permettre à l'Ingénieur d'avoir accès en tout temps aux surfaces réparées pour fin de vérification. Le béton projeté qui n'est pas conforme aux prescriptions du Contrat sera rejeté soit sur la base des essais sur les panneaux d'essais, soit au cours de l'opération d'application du béton projeté ou après que les travaux seront complétés.
- 6.34.5.15.2 Les déficiences qui constituent un motif suffisant de rejet par l'Ingénieur du béton projeté plastique comprennent ce qui suit, sans toutefois s'y limiter :
- 6.34.5.15.2.1 manque dans le contrôle et l'enlèvement de façon adéquate de l'accumulation d'éclaboussures et de matériaux de rebond;
- 6.34.5.15.2.2 consolidation incomplète autour de l'acier d'armature, du treillis et des ancrages;
- 6.34.5.15.2.3 excès de rebond de béton projeté ou excès de rebond de fibres dans le cas du béton projeté renforcés par des fibres;
- 6.34.5.15.2.4 incorporation de cellules de sable, vides excessifs, délaminations, affaissements et ondulations;
- 6.34.5.15.2.5 manque dans l'application du béton projeté selon les limites, pentes et tolérances requises.
- 6.34.5.15.2.6 écart entre la consistance mesurée lors de l'essai de convenance pour le béton projeté par procédé à sec et la consistance mesurée lors de l'application.

6.34.5.15.3 Réparation des déficiences

- 6.34.5.15.3.1 Le béton qui est jugé défectueux par l'Ingénieur alors qu'il est encore plastique doit être enlevé au moyen de pics, de grattoirs ou d'autres dispositifs mécaniques appropriés. L'**Entrepreneur** peut utiliser des jets d'eau à haute pression à condition que l'enlèvement et les moyens utilisés par l'**Entrepreneur** pour gérer l'évacuation du béton projeté et des boues soient acceptables pour l'Ingénieur.
- 6.34.5.15.3.2 Une fois la cure terminée, l'**Entrepreneur** et l'Ingénieur doivent vérifier l'adhérence du nouveau béton à l'aide d'un marteau de géologue.
- 6.34.5.15.3.3 Le béton durci qui est trouvé défectueux doit être enlevé et refait, sans frais pour le **Propriétaire**. Lors de ces opérations, l'**Entrepreneur** doit prendre soin de ne pas endommager l'acier d'armature, le treillis métallique et les ancrages. L'**Entrepreneur** doit remplacer, sans frais pour le **Propriétaire**, toute pièce encastrée endommagée au cours desdites opérations d'enlèvement du béton projeté.

6.34.6 PÉNALITÉ APPLICABLE

- 6.34.6.1 Dans l'éventualité où la résistance réelle du béton à vingt-huit (28) jours est inférieure à la résistance prescrite, les pénalités suivantes seront appliquées :

Résistance prescrite 35 MPa	
Résistance à 28 jours (MPa)	Pénalité (%) ⁽¹⁾
34,0 à 34,9	2 %
33,0 à 33,9	4 %
32,0 à 32,9	6 %
31,0 à 31,9	8 %
30,0 à 30,9	10 %
29,0 à 29,9	25 %
28,0 à 28,9	40 %
27,0 à 27,9	55 %
26,0 à 26,9	70 %
25,0 à 25,9	85 %
< 25,0	Voir article 6.34.6.2

⁽¹⁾ : % du prix unitaire soumissionné au poste pertinent du Tableau des prix pour les quantités déficientes.

- 6.34.6.2 Si la résistance à vingt-huit (28) jours du béton est inférieure à la limite inférieure du tableau du paragraphe 6.34.6.1 le **Propriétaire** se réserve le droit de faire reprendre les ouvrages non conformes aux frais de l'**Entrepreneur**.

6.34.6.3 Aucune pénalité n'est applicable pour une résistance plus élevée que la résistance prescrite. Toutefois, le **Propriétaire** se réserve le droit de demander à l'**Entrepreneur** et à ses frais de modifier son mélange ou de modifier ses mesures de contrôle qualité, notamment au niveau du dosage en ciment et de la teneur en eau des granulats si les résistances sont de beaucoup supérieures aux résistances spécifiées et que ces valeurs de résistance sont de l'avis de l'Ingénieur jugées préjudiciables à la qualité des travaux, particulièrement en termes de fissuration excessive.

FIN DE LA SOUS-SECTION