

Spécification technique normalisée

Ouvrages hydroélectriques

Béton: Constituants et exécution des travaux de bétonnage pour la construction et la réparation

SN-26.1-2011

REVISION 6

Avertissement

Un amendement (A) peut modifier le présent document. Dans un tel cas, il a préséance sur celui-ci jusqu'à son intégration lors de la prochaine révision du document.

Modifications

Révisions no.:	Détails	Date
0	Adaptation du devis normalisé de la SEBJ - 93 et du devis émis pour la construction de l'aménagement SM-3 par l'unité Mécanique, Structure et Architecture (MSA)	2000-03
1	Révision par M. Rivest, MSA (Δ) Mise à jour selon les expériences vécues sur les chantiers d'Hydro-Québec et de la SEBJ.	2001-04
2	Révision par M. Rivest, MSA ($\Delta \Delta$) Mise à jour en vue de la construction de l'aménagement Toulnostouc.	2002-03
3	Révision par M. Rivest, MSA (III) Mise à jour selon les expériences des chantiers SM-3 et Toulnostouc en vue de la construction de l'aménagement Péribonka.	2003-10
4	Révision par A. Prézeau et A. Biner, MSA Harmonisation aux nouvelles normes CSA A23.1-2004 et CAN/CSA A-3000-03 en vue de la construction des aménagements de la Chute-Allard et des Rapides-des-Cœurs.	2005-05
5	Révision par l'unité MSA Intégration d'un volet « Réfections » et mise à jour selon les expériences de chantier à Toulnostouc et Péribonka en vue des projets Eastmain-1A / Sarcelle / Rupert.	2007-11
6	Mise à jour selon les expériences de chantier à la centrale Du Rocher à Grand-Mère, Eastmain 1 et 1A, La Sarcelle et Rupert et de la norme CSA A23.1-09 (révision mars 2011)	2011-06

Table des matières

	Page
0. Introduction	1
1. Domaine d'application.....	3
1.1 Généralités.....	3
1.2 Béton préfabriqué	3
1.3 Préfabrication sur place	3
1.4 Ouvrages de stationnement.....	3
1.5 Spécifications supplémentaires.....	4
1.6 Terminologie	4
2. Ouvrages de référence	4
3. Définitions	6
4. Propriétés des constituants et du béton.....	9
4.1 Exigences applicables au béton et autres méthodes de spécification du béton	9
4.1.1 Exigences de durabilité.....	9
4.1.1.1 Généralités.....	9
4.1.1.2 Limites de teneur en ions chlorure dans le béton	16
4.1.1.3 Gel et dégel.....	16
4.1.1.4 Produits chimiques de déglacage (chlorures).....	16
4.1.1.5 Eau de mer	16
4.1.1.6 Attaques par les sulfates.....	17
4.1.1.7 Abrasion et érosion	17
4.1.1.8 Exposition aux produits chimiques et aux déchets agressifs.....	17
4.1.1.9 Fissuration	17
4.1.1.10 Perméabilité aux ions chlorure.....	17
4.1.1.11 Béton hors profil.....	17
4.1.2 Variantes dans la façon de spécifier le béton	17
4.2 Matériaux	19
4.2.1 Ciments et ajouts cimentaires.....	19
4.2.1.1 Ciments hydrauliques	19
4.2.1.2 Ordre d'utilisation	19
4.2.1.3 Ajouts cimentaires.....	19
4.2.1.4 Échantillonnage et fréquence d'essais	19
4.2.2 Eau.....	19
4.2.3 Granulats	21
4.2.3.1 Généralités.....	21
4.2.3.2 Échantillonnage et fréquence d'essais	21
4.2.3.3 Granulats fins de densité normale	21
4.2.3.4 Gros granulats de densité normale.....	24

4.2.3.5	Réactions nuisibles du granulat	25
4.2.3.5.1	Réactivité alcalis-granulats	25
4.2.3.5.2	Autres réactions	25
4.2.3.6	Substances nuisibles et propriétés physiques	25
4.2.3.7	Examen pétrographique.....	25
4.2.3.8	Effets des granulats sur les propriétés du béton.....	25
4.2.3.9	Acceptation des granulats.....	26
4.2.4	Adjuvants	29
4.2.4.1	Généralités.....	29
4.2.4.2	Adjuvants entraîneurs d'air	29
4.2.4.3	Adjuvants chimiques	29
4.2.4.4	Adjuvants pulvérulents.....	30
4.2.4.5	Chlorure de calcium	30
4.2.4.6	Acceptation et essais	30
4.2.5	Fibres	30
4.2.5.1	Fibres d'acier	30
4.2.5.2	Fibres synthétiques	31
4.2.6	Matériaux préensachés.....	31
4.3	Propriétés du béton.....	31
4.3.1	Dosage.....	31
4.3.2	Ouvrabilité.....	32
4.3.2.1	Généralités.....	32
4.3.2.2	Dimension nominale maximale des granulats.....	32
4.3.2.3	Affaissement ou étalement	32
4.3.2.3.1	Généralités.....	32
4.3.2.3.2	Tolérances de l'affaissement ou de l'étalement.....	32
4.3.3	Entraînement d'air.....	32
4.3.3.1	Généralités.....	32
4.3.3.2	Réseau de bulles d'air	32
4.3.3.3	Paramètres des bulles d'air	33
4.3.4	Densité.....	33
4.3.5	Résistance mécanique.....	33
4.3.5.1	Dosage de constituants préalablement éprouvés	33
4.3.5.2	Dosage de constituants à déterminer par des mélanges d'essais.....	34
4.3.6	Considérations de stabilité volumique	35
4.3.7	Perméabilité aux ions chlorure.....	35
4.4	Contrôle de la qualité	35
4.4.1	Généralités.....	36
4.4.2	Échantillonnage du béton	36

4.4.3	Affaissement ou étalement	36
4.4.3.1	Fréquence et nombre d'essais.....	37
4.4.3.2	Méthode d'essai	37
4.4.4	Teneur en air du béton.....	37
4.4.4.1	Teneur en air du béton plastique	37
4.4.4.1.1	Fréquence et nombre d'essais.....	37
4.4.4.1.2	Méthode d'essai	37
4.4.4.2	Teneur en air du béton durci	39
4.4.5	Température du béton plastique	39
4.4.6	Résistance à la compression	39
4.4.6.1	Généralités.....	39
4.4.6.2	Résistance in situ	39
4.4.6.3	Fréquence et nombre d'essais pour le béton, mortier et coulis	39
4.4.6.4	Essais de résistance normalisés, accélérés et in situ	39
4.4.6.5	Méthodes d'essai normalisées.....	40
4.4.6.6	Exigences visant la résistance à la compression.....	40
4.4.6.7	Non-conformité aux exigences des résultats d'essais sur cylindres soumis à une cure normalisée	40
4.4.7	Masse volumique	40
4.4.8	Résistance à la flexion	40
4.4.9	Résistance à la traction par écrasement latéral.....	40
4.4.10	Écaillage dû au sel.....	40
4.4.11	Inspection et essais de l'armature de fibres.....	40
4.4.12	Perméabilité aux ions chlorure.....	40
5.	Fabrication et livraison	40
5.1	Stockage des matériaux	40
5.1.1	Généralités.....	40
5.1.2	Ciment et ajouts cimentaires.....	41
5.1.3	Granulats	41
5.1.3.1	Généralités.....	41
5.1.3.2	Piles de réserve	41
5.1.3.3	Propreté des piles de réserve	42
5.1.4	Adjuvants	42
5.2	Fabrication du béton	42
5.2.1	Mesure des constituants	42
5.2.1.1	Généralités.....	42
5.2.1.2	Béton.....	42
5.2.1.3	Ciment.....	42
5.2.1.4	Ajouts cimentaires.....	43

5.2.1.5	Granulats	43
5.2.1.6	Eau de gâchage	43
5.2.1.7	Adjuvants	43
5.2.1.8	Autres méthodes de dosage	43
5.2.1.9	Armature de fibres	44
5.2.2	Centrale de dosage	44
5.2.3	Malaxage	44
5.2.4	Livraison	45
5.2.4.1	Béton malaxé sur chantier	45
5.2.4.2	Béton malaxé hors chantier	45
5.2.4.3	Contrôle de l'affaissement et de la teneur en air	45
5.2.4.4	Contrôle de la température	46
5.2.4.4.1	Fabrication et transport du béton par temps froid	46
5.2.4.4.2	Fabrication et transport du béton par temps chaud	46
5.2.4.5	Bordereaux de livraison	47
6.	Coffrages, armatures et précontrainte	47
6.1	Armatures	47
6.1.1	Acier d'armature	48
6.1.2	Essai de pliage	48
6.1.3	Armature spéciale	48
6.1.4	Acier de précontrainte	48
6.1.5	État de la surface de l'armature	48
6.1.6	Enduit protecteur	48
6.1.7	Inspection et essais par Hydro-Québec	48
6.1.8	Rejet	49
6.1.9	Système d'identification des barres, dessins de mise en place et bordereaux	49
6.2	Ferrures et matériaux divers	49
6.3	Stockage de l'armature	49
6.4	Tolérances de construction du béton coulé en place	49
6.4.1	Généralités	49
6.4.2	Tolérances générales	50
6.4.2.1	Dimensions et tolérances générales du réseau de points d'arpentage	50
6.4.2.2	Tolérances générales de dimension par rapport à un système d'axes	50
6.4.2.2.1	Dimension ou position	50
6.4.2.2.2	Élévation	50
6.4.2.3	Tolérances générales d'orientation	50
6.4.2.3.1	Parallélisme ou déviation par rapport à un profil théorique	50
6.4.2.3.2	Perpendicularité	50
6.4.2.3.3	Horizontalité	50

6.4.2.3.4	Verticalité	50
6.4.2.4	Tolérances générales de forme	50
6.4.2.4.1	Rectitude et planéité	50
6.4.3	Tolérances particulières	51
6.4.3.1	Fini des surfaces de béton coffrées	51
6.4.3.2	Planéité des surfaces de béton non coffrées	51
6.4.4	Vérifications	51
6.4.5	Instruments de mesure et conditions de mesurage	51
6.5	Coffrages	52
6.5.1	Généralités	52
6.5.2	Dessins de coulée et des coffrages	52
6.5.2.1	Dessins de coulée	52
6.5.2.2	Dessins des coffrages	52
6.5.2.3	Notes de calculs	53
6.5.2.4	Approbation	53
6.5.3	Construction des coffrages	53
6.5.3.1	Généralités	53
6.5.3.1.1	Rigidité et étanchéité	53
6.5.3.1.2	Matériaux utilisés pour les coffrages	54
6.5.3.1.3	Classification des coffrages	54
6.5.3.1.4	Liens et séparateurs	55
6.5.3.2	Coffrages non traités	55
6.5.3.3	Préparation des surfaces des coffrages : agents de décoffrage	55
6.5.3.4	Alignement des coffrages pendant le bétonnage	55
6.5.3.5	Décoffrage	55
6.5.3.6	Enlèvement de l'étalement	56
6.6	Fabrication et pose de l'armature	56
6.6.1	Généralités	56
6.6.2	Crochets et courbures	56
6.6.3	Armature hélicoïdale	57
6.6.4	Ligatures	57
6.6.5	Espacement de l'armature	57
6.6.6	Enrobage	57
6.6.7	Support de l'armature	57
6.6.8	Tolérances dans l'emplacement de l'armature	57
6.6.9	Jointures d'armature	57
6.6.10	Soudage de l'armature	58
6.6.11	Inspection	58
6.6.12	Dessins de mise en place de l'armature et bordereaux	58

6.7	Fabrication et pose des ferrures et autres pièces noyées	59
6.7.1	Généralités.....	59
6.7.2	Pose des ferrures.....	59
6.7.3	Tolérances de pose des boulons d'ancrage et des ferrures	59
6.7.4	Soudage des ferrures	59
6.7.5	Conduits et tuyaux noyés dans le béton	59
6.8	Post-tension	60
7.	Mise en place, finissage et cure du béton.....	60
7.1	Stockage des matériaux utilisés pour la mise en place, le finissage et la cure....	60
7.2	Mise en place	60
7.2.1	Généralités.....	60
7.2.2	Adhérence du béton frais au roc ou au béton durci	60
7.2.3	Manutention	61
7.2.4	Déversement du béton.....	62
7.2.4.1	Épaisseur des couches.....	62
7.2.4.2	Hauteur de levée.....	62
7.2.4.3	Hauteur de chute libre et distance maximale entre les trémies	62
7.2.4.4	Mise en place sur un plan incliné	62
7.2.5	Consolidation	62
7.2.5.1	Généralités.....	63
7.2.5.2	Vibration	63
7.2.6	Bétonnage sous l'eau	63
7.2.7	Bétonnage des pieux tubulaires, des caissons et des puits forés.....	64
7.3	Joints.....	64
7.3.1	Joints de construction	64
7.3.1.1	Localisation	64
7.3.1.2	Exécution	64
7.3.1.2.1	Préparation de surface.....	65
7.3.1.3	Étanchéité des joints.....	65
7.3.2	Joints de contrôle de retrait.....	66
7.3.2.1	Joints de retrait sciés	66
7.3.2.2	Joints de retrait coffrés.....	66
7.3.3	Joints de dilatation et joints de désolidarisation.....	67
7.3.3.1	Joints de dilatation	67
7.3.3.2	Joints de désolidarisation.....	67
7.4	Cure et protection	67
7.4.1	Protection du béton frais	67
7.4.1.1	Généralités.....	67
7.4.1.2	Séchage en conditions rigoureuses.....	67

7.4.1.3	Effets de la température – Béton de masse.....	67
7.4.1.4	Bétonnage par temps chaud.....	68
7.4.1.4.1	Préparation	68
7.4.1.4.2	Température du béton	68
7.4.1.5	Bétonnage par temps froid.....	68
7.4.1.5.1	Préparation	68
7.4.1.5.2	Température du béton	68
7.4.1.5.3	Exigences et méthodes de protection	69
7.4.1.6	Fiches de température	70
7.4.2	Cure	71
7.5	Finissage et traitement des dalles ou surfaces de planchers	72
7.5.1	Tolérances des surfaces	72
7.5.1.1	Généralités.....	72
7.5.1.2	Méthodes et tolérances.....	73
7.5.1.3	État des surfaces lors du façonnage.....	73
7.5.1.4	Méthode de la règle droite	73
7.5.1.5	Système de nombres F	73
7.5.2	Rectification de la planéité et de l'ondulation des surfaces	73
7.5.3	Finissage préliminaire des surfaces horizontales	73
7.5.4	Finissage secondaire	73
7.5.5	Résistance à l'abrasion et à l'usure	73
7.5.6	Surfaces spéciales.....	74
7.5.7	Émissions de vapeur d'eau dans les planchers de béton et les dalles sur le sol.....	74
7.6	Chapes.....	74
7.6.1	Types	74
7.6.2	Mélanges de bétons spéciaux pour chapes.....	74
7.6.2.1	Généralités.....	74
7.6.2.2	Dimension nominale maximale des gros granulats.....	74
7.6.3	Chapes monolithes	74
7.6.4	Chapes liaisonnées.....	74
7.6.4.1	Préparation de la surface de la couche d'assise	74
7.6.4.2	Systèmes de liaisonnement	75
7.6.4.2.1	Préparation	75
7.6.4.2.2	Méthodes	75
7.6.4.2.3	Adhérence.....	75
7.6.4.2.4	Fréquence d'essai.....	75
7.6.4.3	Finissage de la chape liaisonnée	75
7.6.5	Cure	76
7.7	Traitement des surfaces après décoffrage	76

7.7.1	Généralités.....	76
7.7.2	Défauts mineurs et méthodes de réparation.....	77
7.7.2.1	Irrégularités.....	77
7.7.2.2	Arêtes.....	78
7.7.2.3	Trous et cavités.....	78
7.7.2.4	Défauts et réparations linéaires.....	79
7.7.3	Défauts majeurs et méthodes de réparation.....	79
7.7.3.1	Généralités.....	79
7.7.3.2	Découpage.....	79
7.7.3.2.1	Uniformité de profondeur.....	80
7.7.3.3	Profondeur de réparation et acier d'armature.....	80
7.7.3.4	Nettoyage et humidification.....	81
7.7.3.5	Coulis ou agent de liaisonnement.....	81
7.7.3.6	Remplissage.....	81
7.7.3.7	Coffrages.....	81
7.7.3.8	Surfaces horizontales.....	81
7.7.4	Méthodes de remplissage.....	81
7.7.4.1	Généralités.....	81
7.7.4.2	Béton conventionnel.....	82
7.7.4.3	Béton autoplaçant.....	82
7.7.4.4	Béton projeté.....	82
8.	Bétons assujetti à des exigences spéciales en matière de performance ou de constituants.....	82
8.1	Béton projeté par procédé à sec ou humide.....	82
8.1.1	Généralités.....	83
8.1.2	Matériaux.....	83
8.1.3	Caractéristiques du béton projeté.....	83
8.1.4	Dosage du béton projeté.....	84
8.1.4.1	Méthode de dosage du béton par procédé humide.....	84
8.1.4.2	Méthode de dosage du béton par procédé à sec.....	85
8.1.4.3	Matériel.....	86
8.1.4.3.1	Compresseur.....	86
8.1.4.3.2	Pompe à eau.....	86
8.1.4.3.3	Matériel.....	86
8.1.4.3.4	Malaxeur.....	86
8.1.4.3.5	Pompe.....	86
8.1.4.3.6	Boyau.....	86
8.1.4.3.7	Lance de projection du béton projeté à sec.....	86
8.1.5	Contrôle de la qualité.....	87

8.1.5.1	Échantillonnage du béton projeté	87
8.1.5.1.1	Teneur en air.....	87
8.1.5.1.2	Affaissement	87
8.1.5.1.3	Température du béton projeté par procédés à sec et humide	87
8.1.5.2	Confection et cure des échantillons	87
8.1.5.2.1	Description du moule et confection des échantillons	88
8.1.5.2.2	Cure des échantillons	88
8.1.5.3	Détermination de la résistance à la compression	88
8.1.5.3.1	Prélèvement et mûrissement des éprouvettes.....	88
8.1.5.3.2	Essai de résistance à la compression.....	88
8.1.5.4	Proportion des constituants des mélanges préensachés.....	89
8.1.6	Qualification des opérateurs de lance de projection	89
8.1.6.1	Certificats ACI	89
8.1.6.2	Projection de convenance.....	89
8.1.7	Mise en œuvre	89
8.1.7.1	Préparation de la surface	89
8.1.7.2	Application du béton projeté	89
8.1.7.3	Finition des surfaces	91
8.1.7.4	Joints de construction	91
8.1.7.5	Cure	91
8.1.8	Acceptation des surfaces finies et réparations.....	91
8.2	Béton autoplaçant	91
8.2.1	Définition	91
8.2.2	Matériaux	92
8.2.2.1	Ciment ou liant hydraulique	92
8.2.2.2	Adjuvants chimiques	92
8.2.3	Caractéristiques du béton autoplaçant	92
8.2.4	Dosage du béton autoplaçant	93
8.2.4.1	Méthode de dosage	93
8.2.5	Contrôle de la qualité	94
8.2.5.1	Essais sur le béton autoplaçant à l'état plastique	94
8.2.5.2	Confection des éprouvettes destinées aux essais de résistance à la compression	95
8.3	Mise en place du béton autoplaçant	95
8.4	Cure du béton	96
8.5	Coffrages	96
9.	Démolition du béton	96
9.1	Généralités.....	96
9.2	Matériel et équipement	98

9.3	Méthodes de démolition	100
9.3.1	Marteaux pneumatiques manuels	100
9.3.2	Hydrodémolition	100
9.3.3	Scarification	101
9.3.4	Fracturation.....	101
9.3.5	Dynamitage.....	101
9.3.6	Sciage - Découpage	101
9.4	Exécution des travaux de démolition	102
9.4.1	Généralités.....	102
9.4.2	Mesures de protection	102
9.4.3	Travaux préparatoires	102
9.4.4	Découpage.....	102
9.4.5	Uniformité de la profondeur	102
9.4.6	Exécution des travaux.....	103
9.4.7	Vérification des travaux de démolition	104
9.5	Mesures des vibrations de démolition.....	104
10.	Réparations du béton d'ouvrages existants.....	104
10.1	Généralités.....	104
10.2	Exigences dimensionnelles.....	104
10.3	Exigences des liants, ajouts et acier d'armature.....	105
10.3.1	Utilisation des ciments	105
10.3.2	Utilisation de bétons préensachés	105
10.3.3	Utilisation d'acier d'armature.....	105
10.4	Exigences d'utilisation des ancrages et tirants	105
10.4.1	Généralités.....	105
10.4.2	Ancrages.....	106
10.4.3	Tirants	108
10.5	Travaux préparatoires avant bétonnage	108
10.5.1	Nettoyage du béton – Propreté de surface	108
10.5.2	Nettoyage des barres d'acier d'armature existantes.....	109
10.5.3	Humidification du béton	109
10.5.4	Agent de liaisonnement	109
10.6	Types	109
10.6.1	Réparations mineures	109
10.6.2	Réparations linéaires	109
10.6.3	Réparations majeures	109
10.6.4	Réparation par injection	110
10.7	Méthodes de remplissage	110
10.7.1	Généralités.....	110

10.7.2	Béton conventionnel	110
10.7.3	Béton autoplaçant	110
10.7.4	Béton projeté.....	110
10.8	Réparations de fissures ou joints par injection	110
10.8.1	Généralités.....	110
10.8.2	Préparation des fissures	112
10.8.3	Injection au coulis de ciment.....	112
10.8.4	Injection à l'époxy	113
10.8.5	Injection de polyuréthane moussant (fissures non structurales).....	114
10.9	Vérification des réparations	114
10.9.1	Généralités.....	114
10.9.2	Méthode de vérification	114

Liste des tableaux

	Page
Tableau 1 - Classes de béton (révisions 1979 et 1987)	1
Tableau 2A - Classes de béton avec ciment de type LH-HQ (20M)	10
Tableau 2A - Classes de béton avec ciment de type LH-HQ (20M) (suite)	11
Tableau 2A - Classes de béton avec ciment de type LH-HQ (20M) (suite)	12
Tableau 2A - Classes de béton avec ciment de type LH-HQ (20M) (suite)	13
Tableau 2A – Classes de béton avec ciment de type LH-HQ (20M) (suite)	14
Tableau 2B - Classes de béton non définies	15
Tableau 3 - Concentrations chimiques limites dans l'eau brute utilisée comme eau de gâchage	20
Tableau 4 - Fréquences d'essais des granulats	23
Tableau 5 - Limites granulométriques du granulat fin	27
Tableau 6 - Calibre du gros granulat	27
Tableau 7 - Limites de substances nuisibles(1) et propriétés physiques	28
Tableau 8 - Fréquence d'essais sur le béton	38
Tableau 9 - Fini des surfaces de béton coffrées	51
Tableau 10 - Planéité des surfaces de béton non coffrées	51
Tableau 11 - Limites de température au moment de la mise en œuvre	69
Tableau 12 - Caractéristiques du béton projeté	84
Tableau 13 - Caractéristiques du réseau d'air entraîné dans le béton durci	84
Tableau 14 - Caractéristiques du béton autoplaçant avec ciment de type GUb	93
Tableau 15 - Caractéristiques du béton autoplaçant en sac (préensaché)	94
Tableau 16 - Limitations de l'équipement de démolition	99
Tableau 17 - Résistance à l'arrachement minimal des ancrages	106
Tableau 18 - Procédure et type de matériau d'injection	111

Liste des annexes

Annexe A	Armature à béton – système d'identification des barres, dessins et bordereaux
Annexe B	Détail de support des lames d'étanchéité
Annexe C	Exemples de pourcentage de bulles d'air emprisonnées

Liste des figures

Aucune

0. Introduction

Le devis technique normalisé SN-26.1-2011 a pour objet de définir les différentes classes de béton requises pour la construction et la réfection des ouvrages en béton ainsi que de spécifier les exigences relatives à la fabrication et à la mise en œuvre du béton.

Ce document doit être lu conjointement avec la norme CSA A23.1-09. Il complète, clarifie ou modifie la norme pour les besoins spécifiques d'Hydro-Québec et de la SEBJ pour la construction et la réfection d'ouvrages hydroélectriques. Il fait partie intégrante des devis techniques dans lesquels il est cité et sert de base pour la fourniture des constituants, la fabrication du béton et pour l'exécution des travaux de béton coulé ou préfabriqué sur place ou préfabriqué en usine.

Présentement, les classes de béton sont caractérisées principalement par la résistance à la compression minimale et le rapport eau sur ciment maximal à respecter.

En 1975, la Société d'Énergie de la Baie James (SEBJ) a produit les quatre devis techniques normalisés suivants pour les ouvrages en béton :

- AA-80N-001: Travaux de bétonnage
- AA-80N-002: Fourniture de béton
- AA-80N-003: Fourniture de ciment Portland
- AA-80N-004: Fourniture d'armature

Les classes de béton dans le devis technique normalisé AA-80N-002 étaient caractérisées principalement par la résistance à la compression et le rapport eau sur ciment n'était pas fixé. Les classes étaient respectivement 2000, 3000, 4000 et 5000 lb/po² (psi) à l'âge de 91 jours avec du ciment type LH-HQ (20M). Les projets réalisés suivant les critères de ce devis sont LG 2 et LG 3.

Les devis techniques normalisés ont été révisés en 1979 pour le passage du système impérial au système métrique. Les nouvelles classes de béton deviennent 15 MPa (2 175 lb/po²(psi)), 20 MPa (2 900 lb/po² (psi)), 30 MPa (4 350 lb/po² (psi)) et 35 MPa (5 075 lb/po² (psi)). Ce nouveau devis a été utilisé au projet LG 4 et aux suivants.

La révision des devis techniques normalisés de la SEBJ effectuée en 1987 a suivi la tendance mondiale de spécifier les classes de béton en fonction du rapport eau sur ciment et non plus seulement en fonction de la résistance à la compression. Le principal changement apporté est la spécification d'un rapport eau sur ciment maximal en fonction de la classe d'exposition. Les nouvelles classes de béton sont présentées au tableau 1.

Tableau 1 - Classes de béton (révisions 1979 et 1987)

Désignation	Résistance à la compression spécifiée (MPa)	Rapport maximal eau/ciment E/C
A	35	0,45
B	30	0,50
C	20	0,60
D	15	0,65

En 1989, les devis techniques normalisés sont révisés pour tenir compte des nouvelles exigences relatives à la réactivité alcalis-granulats et au béton de masse. La teneur en alcalis du ciment est réduite afin de minimiser les risques associés à la réactivité alcalis-granulats. Une nouvelle annexe pour le béton de masse est ajoutée pour spécifier les exigences de qualité des ouvrages sur le projet LG 1 où une grande quantité de béton est considérée comme béton de masse.

En 1992, la SEBJ a comprimé les quatre devis techniques normalisés en deux et émis les deux normes suivantes pour les ouvrages en béton :

- AA-80N-001 (SI) 92: Fourniture de béton, d'armature et travaux de bétonnage
- AA-80N-003 (SI) 92: Ciment Portland (fourniture)

La nouveauté dans ces devis était le suivi des normes CSA A23.1-M90 et CSA A5 article par article et de compléter, clarifier ou modifier les normes pour les besoins spécifiques de la SEBJ pour la construction d'ouvrages hydroélectriques. L'expérience de 20 ans acquise sur les projets de la Baie James est alors incorporée aux normes canadiennes.

En 2000, l'unité Mécanique, Structure et Architecture, Direction Ingénierie, Direction principale Expertise, Groupe IAC d'Hydro-Québec a adopté les deux devis techniques normalisés de la SEBJ comme les deux spécifications techniques normalisées avec l'appellation:

- SN-26.1-2000: Devis technique normalisé, Béton, Constituants et exécution des travaux d'ouvrages hydroélectriques
- SN-26.2-2000: Devis technique normalisé, Béton, Ciment Portland type 20M – Fourniture

Les deux devis techniques normalisés SN-26.1 et SN-26.2 sont présentement utilisés pour tous les projets hydroélectriques d'Hydro-Québec et de la SEBJ. Ainsi, lorsque cette spécification technique réfère à Hydro-Québec, elle réfère aussi à la SEBJ.

Les révisions no. 1, 2 et 3 ont consisté principalement à une mise à jour selon les expériences vécues en chantier. La révision no. 4 en 2005 était nécessaire pour l'harmonisation aux normes CSA A23.1-04 et CAN/CSA A3000-03. La révision no. 5, en 2007, avait pour but l'intégration de différents volets plus spécifiques aux travaux de réfection d'ouvrages existants.

La présente version 2011 (révision no. 6) vise principalement à l'harmonisation à la norme CSA A23.1-09 (révision mars 2011). En cas de conflit d'interprétation entre le présent document et la norme CSA A23.1-09 ou toute autre norme, le présent document prime.

1. Domaine d'application

1.1 Généralités

L'article 1.1 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent.

1.2 Béton préfabriqué

La préfabrication en usine d'éléments en béton doit être conforme aux exigences de l'article 1.3 de ce devis.

1.3 Préfabrication sur place

L'article 1.3 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

L'article 1.3.1 de la norme CSA 23.1-09 est remplacé par le texte qui suit.

La préfabrication d'éléments en béton, précontraints ou non, en chantier ou en usine temporaire ou permanente, doit être conforme aux exigences de ce devis technique normalisé ainsi que des devis techniques et dessins d'Hydro Québec.

L'article 1.3.4 de la norme CSA A23.1-09 est remplacé par le texte qui suit.

Dans le cas d'une usine temporaire ou permanente, elle doit être accréditée selon la norme CAN/CSA-A23.4-09 « Béton préfabriqué : constituants et exécution des travaux ». L'usine et le personnel doivent avoir fait l'objet d'un audit ou détenir un certificat de conformité délivré par le BNQ conformément au protocole de certification NQ 2621-905 « Bétons de ciment de masse volumique normale et constituants – Protocole de certification ».

La préfabrication d'éléments en béton doit aussi être conforme aux prescriptions des chapitres suivants de la norme CAN/CSA-A23.4-09 « Béton préfabriqué : constituants et exécution des travaux ».

Ferrures et matériaux divers (chapitre 10)

Fabrication et mise en place des ferrures et autres éléments noyés (chapitre 15)

Finissage des surfaces banchées (chapitre 26)

Précontrainte (chapitre 28)

Démoulage et manutention, entreposage, transport (chapitres 29, 30, 31)

Installation (chapitre 32)

Réparations (chapitre 33)

Appendices A, B, C et D.

1.4 Ouvrages de stationnement

À moins d'avis contraire d'Hydro-Québec, l'article 1.4 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

1.5 Spécifications supplémentaires

L'article 1.5 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

L'acceptation des matériaux et des méthodes de construction doit être conforme aux exigences des documents contractuels d'Hydro-Québec.

L'acceptation par Hydro-Québec des matériaux, formules et méthodes ne dégage en rien la responsabilité de l'Entrepreneur de rencontrer ses obligations contractuelles.

1.6 Terminologie

À moins d'avis contraire d'Hydro-Québec, l'article 1.6 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

2. Ouvrages de référence

Les abréviations utilisées dans ce devis normalisé ont la signification suivante :

CAN	: Norme nationale du Canada
CSA	: Association canadienne de Normalisation (ACNOR)
ASTM	: American Society for Testing and Materials
ACI	: American Concrete Institute
BNQ	: Bureau de normalisation du Québec
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
CCDG	: Cahier des charges et devis généraux du ministère des Transports du Québec
CCG	: Cahier des clauses générales du ministère des Transports du Québec
LC	: Laboratoire des Chaussées du ministère des Transports du Québec
SM	: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition, Washington DC, 1998
CRD	: Norme de l'U.S. Army Corps of Engineers
ONGC	: Office des normes du gouvernement du Canada
CAN/CGSB	: Norme nationale du Canada / Canadian General Standards Board

Spécifications techniques normalisés

Ciment Portland LH-HQ (20M) - Fourniture, SN-26.2-2011.

Tolérances – Principes et définitions (Ouvrages civils et mécaniques), SN-26.3 émise 01-2007

Institut d'Acier d'Armature du Canada

Acier d'armature - Manuel de normes recommandées, Institut d'Acier d'Armature du Canada – 2006

Recommandations ACI

ACI 506R 1999 Recommended Practice for Shotcreting

Code de sécurité

« Code de sécurité pour les travaux de construction », S 2.1, r. 6 de la loi sur la santé et la sécurité du Québec.

Toutes les références mentionnées à l'article 2.0 de la norme CSA A23.1-09 s'appliquent et, pour faciliter la lecture, les plus courantes sont les suivantes :

Normes CSA

A23.1-09 (rév. mars 2011)	: Béton – Constituants et exécution des travaux
A23.2-09 (rév. mars 2011)	: Essais concernant le béton
A23.3-04	Calcul des ouvrages en béton
A23.4-09	: Béton préfabriqué – Constituants et exécution des travaux
A3000-08	: Compendium des matériaux liants
G30.18-M92 (2009)	: Billet-Steel Bars for Concrete Reinforcement
G279 M1982 (R 1998)	: Acier pour le béton précontraint
W186-M1990 (R2007)	: Soudage des barres d'armature dans les constructions en béton armé
CSA S350-M1980 (R2003)	: Code of Practice for Safety in Demolition of Structures

Normes ASTM

A416 / A416M-06	: Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete
A421 / A421M-05	: Standard Specification for Uncoated Stress-Relieved Steel Wire for Prestressed Concrete
A722 / A722M-07	: Standard Specification for Uncoated High-Strength Steel Bar for Prestressing Concrete
A779 / A779M-00	: Standard Specification for Steel Strand, Seven Wire, Uncoated, Compacted, Stress-Relieved for Prestressed Concrete
C157/C157M-08	: Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement, Mortar and Concrete
C185-08	: Standard Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar
C260-06	: Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete
C294-08	Standard descriptive nomenclature for constituents of concrete aggregates
C295-08	Standard guide for petrographic examination of Aggregates for concrete
C309-07	: Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete
C494 / C494M-10	: Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete

C685 / C685M-10	: Standard Specification for Concrete made by Volumetric Batching and Continuous Mixing
C928-09	: Standard Specification for Packaged Dry, Rapid-Hardening Cementitious Materials for Concrete Repairs
C1017/C1017M-07	: Standard Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete

Normes NQ

2560-114-IV / 2002	: Travaux de génie civil – Granulats – partie IV : Béton de masse volumique normale
2621-900 / 2002	: Bétons de masse volumique normale et constituants
2621-905 / 2002	: Bétons de masse volumique normale et constituants – Protocole de certification

3. Définitions

Les définitions paraissant à l'article 3 de la norme CSA A23.1-09 et aux alinéas suivants sont applicables :

Devis technique et dessins	: Cette expression réfère aux documents techniques contractuels faisant partie des documents d'appels d'offres et des contrats.
LH	: Low Heat (basse chaleur d'hydratation).
Litre d'eau	: Un litre d'eau a un volume de 1 000 cm ³ et une masse de 1 kg (1 000 litres = 1 m ³).
Volume unitaire	: Le volume unitaire de béton préparé est le mètre cube (m ³) de béton déterminé selon les modalités stipulées à l'article 5.2 du présent devis.
Charge ou chargement	: Charge ou chargement signifie la quantité de béton livrée en une seule fois dans un seul récipient.
Résistance spécifiée	: Résistance spécifiée du béton signifie la résistance à la compression en MPa suivant les valeurs indiquées sur les dessins ou dans le devis technique et suivant les valeurs indiquées à l'article 4.1.1 du présent devis en fonction de l'âge du béton et du type de ciment.
Béton de première phase	: Béton de structure ou de masse mis en place lors d'une première phase des travaux.

Béton de deuxième phase	Béton de structure ou de masse mis en place dans un autre contrat ou dans une autre phase de bétonnage à l'intérieur d'un même : contrat ou, selon le contexte du contrat, synonyme de béton d'encastrement ou de béton de scellement ou de béton secondaire.
Béton primaire	: Premier béton placé dans une première ou deuxième phase et représentant la masse principale du béton.
Béton secondaire, béton d'encastrement ou béton de scellement	: Béton placé dans les cavités laissées intentionnellement dans le béton de première phase pour encastrer des ancrages ou des pièces, conformément aux indications sur les dessins ou tel que décrit au devis technique. On peut retrouver du béton secondaire dans une première ou deuxième phase.
Béton de masse	: Élément de béton de grand volume, armé ou non, qui requiert des mesures de contrôle de la génération de chaleur afin d'en minimiser la fissuration. Tout élément de béton dont la plus petite dimension principale (hauteur, largeur et profondeur) est supérieure à 2,0 mètres est considéré comme du béton de masse, nonobstant la hauteur des levées individuelles. Le terme « élément » désigne l'ouvrage ou la partie d'ouvrage une fois complété sans égard au nombre de levées qui le constituent.
Béton de remodelage	: Le béton de remodelage et de remplissage utilisé sur les fondations rocheuses doit être préparé et mis en place conformément aux exigences du devis technique normalisé SN-26.1.
Béton sain	: Un béton non délaminé dont les constituants restent encore solidement liés entre eux, sous l'impact normal d'un outil manuel (marteau de maçonnerie ou autre).
Coffrage courbe	: Coffrage qui est incurvé dans une ou deux directions données.
Coffrage plat	: Coffrage formé uniquement de surfaces planes.
Étalement	: Structure de support des coffrages y compris l'entretoisement.
Échelle à pierre	: Structure permettant de diminuer la vitesse de chute des granulats.

Coulis	: Mélange très fluide d'eau et de ciment ou mortier (eau + ciment + sable) très fluide.
Coulis d'injection stable	: Mélange très fluide d'eau, de ciment et d'un superplastifiant dont le ressuage est faible ($\leq 2 \%$).
Béton hors profil	: Béton mis en place entre la ligne d'excavation minimale montrée aux dessins et la surface excavée du roc.
Dalle de propreté	: Béton mis en place entre la ligne d'excavation minimale montrée aux dessins et la surface excavée du roc pour le radier d'un ouvrage.
Mortier sec	: Le mortier sec doit être composé en volume d'une partie de ciment de type GU ou GUb ou LH-HQ (20M) pour deux parties de sable, avec un rapport eau-ciment maximal de 0,35 de façon à ce que sa consistance permette son compactage dans les joints verticaux, fentes, crevasses, trous ou coins sans nécessiter de coffrage.
Mortier à consistance plastique ou fluide	: Le mortier fluide doit être composé en volume d'une partie de ciment de type GU ou GUb (type 10, 10E) ou LH HQ (20M) ou de tout autre ciment autorisé par Hydro-Québec et de deux parties de sable, avec un rapport eau-ciment maximal de 0,45. Les constituants doivent être mélangés dans un malaxeur mécanique de type rotatif ou à palettes de façon à produire un mélange de consistance telle qu'il puisse facilement être épandu et balayé dans les joints, fentes et crevasses à l'aide de balais à poils rigides.

4. Propriétés des constituants et du béton**4.1 Exigences applicables au béton et autres méthodes de spécification du béton****4.1.1 Exigences de durabilité****4.1.1.1 Généralités**

L'article 4.1.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

4.1.1.1.1

L'article 4.1.1.1 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Hydro-Québec spécifie les classes de béton en fonction des conditions d'exposition du béton et en fonction des exigences structurales selon les tableaux 2A et 2B.

Pour chaque classe de béton, il y a plusieurs désignations. La nomenclature de ces désignations est présentée aux tableaux 2A et 2B.

Ces désignations, uniques à Hydro-Québec, sont constituées d'une lettre suivie d'un chiffre séparé par un tiret. Les lettres (A, B, BC, C, D) identifient la résistance spécifiée à maturité et le chiffre (1, 2, 3, 4 et 5), le diamètre nominal maximal du gros granulat.

Dans cette nouvelle version du devis, les valeurs numériques de ces deux paramètres ont été indiquées entre parenthèses pour chacune des désignations afin d'éviter toute ambiguïté.

Certaines désignations sont suivies de la lettre « A » (ex. : A-3-A (35-20-A)). Cette lettre indique que le béton de cette désignation doit être mis en œuvre avec un affaissement réduit, soit de 20 à 60 mm.

L'information concernant l'usage et la localisation des classes de béton montrées aux tableaux 2A et 2B sont données à titre indicatif seulement. Les classes de béton à utiliser sont spécifiées au devis et sur les dessins. Elles ne doivent pas être modifiées par l'Entrepreneur.

La teneur en air est fonction de la dimension nominale maximale des gros granulats et pour une exposition sévère aux cycles de gel et dégel.

Les limites d'affaissement sont fonction du type d'élément ou d'ouvrage.

Il est essentiel que le rapport eau sur ciment maximal et la résistance à la compression spécifiée soient respectés.

En plus des exigences spécifiées, il est important de souligner que la durabilité du béton dépend également de la qualité des constituants utilisés, du dosage, d'un programme de contrôle de la qualité efficace et d'une bonne exécution au niveau de la fabrication, de la mise en place, du finissage, de la protection et de la cure du béton.

Tableau 2A – Classes de béton avec ciment de type LH-HQ (20M)

Classe A (35) Béton de structure fortement exposé aux intempéries (mouillage et séchage, gel et dégel dans un état saturé) ou à l'eau courante à haute vitesse ou aux sels déglacants

Désignation	Résistance à la compression spécifiée à 91 jours, MPa	Rapport massique maximal ⁽¹⁾ eau/ciment, E/C	Dimension nominale maximale du gros granulat, mm	Air entraîné, % ⁽³⁾	Affaissement lors de la mise en place, mm	Localisation et usage typique
A-1(35-80)	35	0,45	80	3 – 6	20 – 60	Murs, dalles et piles de plus de 1,5 m d'épaisseur dans l'évacuateur de crues, l'ouvrage régulateur, etc.
A-2(35-40) ⁽²⁾	35	0,45	40	4 – 7	50 – 100	Murs et piles de 0,3 à 1,5 m d'épaisseur
A-2-A(35-40-A) ⁽⁴⁾	35	0,45	40	4 – 7	20 – 60	Dalles de 0,3 à 1,5 m d'épaisseur
A-3(35-20)	35	0,45	20	5 – 8	50 – 100	Murs de 0,3 m ou moins d'épaisseur
A-3-A(35-20-A) ⁽⁴⁾	35	0,45	20	5 – 8	20 – 60	Dalles de 0,3 m ou moins d'épaisseur et chape de 50 mm d'épaisseur et plus
A-4(35-10)	35	0,45	10	6 - 9	50 – 100	Usages particuliers
A-4-A(35-10-A) ⁽⁴⁾	35	0,45	10	6 – 9	20 – 60	Chapes de plancher de 50 mm d'épaisseur et moins (dimension du gros granulat suivant l'épaisseur de la chape)
A-5(35-5)	35	0,45	5	9-12	175 – 225	Si requis aux joints de reprise

Notes:

⁽¹⁾ Dans certains cas, le devis technique peut prescrire un dosage minimal en ciment.

⁽²⁾ (35-40) signifie 35 MPa – 40 mm

⁽³⁾ Pour les chapes et les dalles de béton intérieures non soumises aux intempéries ou aux sels déglacants avec une finition à la truelle métallique, l'utilisation de béton avec air entraîné n'est pas recommandé afin d'éviter l'apparition de défauts de surface.

⁽⁴⁾ Pour les chapes et les dalles dont le béton est transporté à l'aide d'une pompe à béton, il est autorisé de remplacer les désignations A-2A, A-3A et A-4A par les désignations A-2, A-3 et A-4

Tableau 2A – Classes de béton avec ciment de type LH-HQ (20M) (suite)

Classe B (30) Béton de structure modérément exposé aux intempéries (mouillage et séchage, gel et dégel dans un état saturé) ou à l'eau courante à vitesse modérée

Désignation	Résistance à la compression spécifiée à 91 jours, MPa	Rapport massique maximal ⁽¹⁾ eau/ciment, E/C	Dimension nominale maximale du gros granulat, mm	Air entraîné, % ⁽³⁾	Affaissement lors de la mise en place, mm	Localisation et usage
B-1(30-80)	30	0,50	80	3 - 6	20 - 60	Fondations, murs et dalles de plus de 1,5 m d'épaisseur
B-2(30-40)	30	0,50	40	4 - 7	50 - 100	Fondations, murs de 0,3 à 1,5 m d'épaisseur, conduites forcées
B-2-A(30-40-A) ⁽⁴⁾	30	0,50	40	4 - 7	20 - 60	Dalles de 0,3 à 1,5 m d'épaisseur
B-3(30-20) ⁽²⁾	30	0,50	20	5 - 8	50 - 100	Fondations de murs de 0,3 m ou moins d'épaisseur
B-3-A(30-20-A) ⁽⁴⁾	30	0,50	20	5 - 8	20 - 60	Dalles de 0,3 m ou moins d'épaisseur
B-4(30-10)	30	0,50	10	6 - 9	50 - 100	Usages particuliers
B-5(30-5)	30	0,50	5	9-12	175-225	Si requis aux joints de reprise

Notes:

⁽¹⁾ Dans certains cas, le devis technique peut prescrire un dosage minimal en ciment.

⁽²⁾ (30-20) signifie 30 MPa – 20 mm

⁽³⁾ Pour les chapes et les dalles de béton intérieures non soumises aux intempéries ou aux sels déglçants avec une finition à la truelle métallique, l'utilisation de béton avec air entraîné n'est pas recommandé afin d'éviter l'apparition de défauts de surface.

⁽⁴⁾ Pour les chapes et les dalles dont le béton est transporté à l'aide d'une pompe à béton, il est autorisé de remplacer les désignations B-2A et B-3A par les désignations B-2 et B-3.

Tableau 2A - Classes de béton avec ciment de type LH-HQ (20M) (suite)

Classe BC (25) Béton de structure légèrement exposé aux intempéries (mouillage et séchage, gel et dégel sans saturation) ou à l'eau courante à faible vitesse

Désignation	Résistance à la compression spécifiée à 91 jours, MPa	Rapport massique maximal ⁽¹⁾ eau/ciment, E/C	Dimension nominale maximale du gros granulat, mm	Air entraîné, % ⁽³⁾	Affaissement lors de la mise en place, mm	Localisation et usage
BC-1(25-80)	25	0,55	80	3 - 6	20 - 60	Fondations, murs et dalles de plus de 1,5 m d'épaisseur
BC-2(25-40) ⁽²⁾	25	0,55	40	4 - 7	50 - 100	Fondations, murs de 0,3 à 1,5 m d'épaisseur, conduites forcées
BC-2-A(25-40-A) ⁽⁴⁾	25	0,55	40	4 - 7	20 - 60	Dalles de 0,3 à 1,5 m d'épaisseur
BC-3(25-20)	25	0,55	20	5 - 8	50 - 100	Fondations de murs de 0,3 m ou moins d'épaisseur
BC-3-A(25-20-A) ⁽⁴⁾	25	0,55	20	5 - 8	20 - 60	Dalles de 0,3 m ou moins d'épaisseur
BC-5(25-05)	25	0,55	5	9-12	175-225	Si requis aux joints de reprise

Notes:

⁽¹⁾ Dans certains cas, le devis technique peut prescrire un dosage minimal en ciment.

⁽²⁾ (25-40) signifie 25 MPa – 40 mm

⁽³⁾ Pour les chapes et les dalles de béton intérieures non soumises aux intempéries ou aux sels déglacants avec une finition à la truelle métallique, l'utilisation de béton avec air entraîné n'est pas recommandé afin d'éviter l'apparition de défauts de surface.

⁽⁴⁾ Pour les chapes et les dalles dont le béton est transporté à l'aide d'une pompe à béton, il est autorisé de remplacer les désignations BC-2A et BC-3A par les désignations BC-2 et BC-3.

Tableau 2A - Classes de béton avec ciment de type LH-HQ (20M) (suite)

Classe C (20) Béton de structure non exposé aux intempéries (mouillage et séchage, gel et dégel) ou à l'eau courante

Désignation	Résistance à la compression spécifiée à 91 jours, MPa	Rapport massique maximal ⁽¹⁾ eau/ciment, E/C	Dimension nominale maximale du gros granulat, mm	Air entraîné, % ⁽³⁾	Affaissement lors de la mise en place, mm	Localisation et usage
C-1(20-80)	20	0,60	80	3 - 6	20 - 60	Fondations, murs et dalles de plus de 1,5 m d'épaisseur
C-2(20-40) ⁽²⁾	20	0,60	40	4 - 7	50 - 100	Fondations, murs de 0,3 à 1,5 m d'épaisseur
C-2-A(20-40-A) ⁽⁴⁾	20	0,60	40	4 - 7	20 - 60	Dalles de 0,3 à 1,5 m d'épaisseur
C-3(20-20)	20	0,60	20	5 - 8	50 - 100	Murs de 0,3 m ou moins d'épaisseur et remodelage des fondations rocheuses
C-3-A(20-20-A) ⁽⁴⁾	20	0,60	20	5 - 8	20 - 60	Dalles de 0,3 m ou moins d'épaisseur et remodelage des fondations rocheuses
C-5(20-5)	20	0,60	5	9-12	175-225	Si requis aux joints de reprise

Notes:⁽¹⁾ Dans certains cas, le devis technique peut prescrire un dosage minimal en ciment.⁽²⁾ (20-40) signifie 20 MPa – 40 mm⁽³⁾ Pour les chapes et les dalles de béton intérieures non soumises aux intempéries ou aux sels déglçants avec une finition à la truelle métallique, l'utilisation de béton avec air entraîné n'est pas recommandé afin d'éviter l'apparition de défauts de surface.⁽⁴⁾ Pour les chapes et les dalles dont le béton est transporté à l'aide d'une pompe à béton, il est autorisé de remplacer les désignations C-2A et C-3A par les désignations C-2 et C-3.

Tableau 2A – Classes de béton avec ciment de type LH-HQ (20M) (suite)

Classe D (15) Béton de structure non exposé aux intempéries (mouillage et séchage, gel et dégel) ou à l'eau courante

Désignation	Résistance à la compression spécifiée à 91 jours, MPa	Rapport massique maximal ⁽¹⁾ eau/ciment, E/C	Dimension nominale maximale du gros granulat, mm	Air entraîné, %	Affaissement lors de la mise en place, mm	Localisation et usage
D-1(15-80)	15	0,65	80	3 – 6	20 – 60	Remplissage de forte épaisseur, plus de 1,5 m
D-2(15-40) ⁽²⁾	15	0,65	40	4 – 7	50 – 100	Remplissage d'épaisseur moyenne de 0,3 à 1,5 m et remodelage des fondations rocheuses
D-3(15-20)	15	0,65	20	5 – 8	50 – 100	Remplissage par couches minces pour l'encastrement des conduits électriques et remodelage des fondations rocheuses
D-3-A(15-20-A)	15	0,65	20	5-8	20-60	
D-5(15-5)	15	0,65	5	9-12	175-225	Si requis aux joints de reprise

Notes:⁽¹⁾ Dans certains cas, le devis technique peut prescrire un dosage minimal en ciment.⁽²⁾ (15-40) signifie 15 MPa – 40 mm

Tableau 2B - Classes de béton non définies

Désignation	Résistance à la compression spécifiée à 91 jours, ⁽¹⁾ MPa	Rapport massique maximal ⁽³⁾ eau/ciment, E/C	Dimension nominale maximale du gros granulat, mm	Air entraîné, %	Affaissement lors de la mise en place, mm	Localisation et usage
Béton mise en place par trémie	30	0,45	20	5 - 8	150 - 200	Tel que stipulé au devis technique ou sur les dessins
Mortier sec	30	0,35 ⁽²⁾	5	Si requis	-	Tel que stipulé au devis technique ou sur les dessins ou préparation des fondations rocheuses
Mortier fluide	30	0,45 ⁽²⁾	5	Si requis		Préparation des fondations rocheuses.
Béton projeté procédé humide ⁽⁴⁾	35	0,40	10	10-15	70-130	Tel que stipulé au devis technique ou sur les dessins
Coulis	30	0,45 ⁽²⁾	5	Si requis	-	Tel que stipulé au devis technique ou sur les dessins, pour injecter les plaques d'appui des poutres et des colonnes
Coulis d'injection stable	30	0,80 à 0,40 ⁽⁵⁾	-	0	-	Coulis destiné, entre autres, au remplissage par injection de joints, fissures, espaces restreints ou tel que stipulé au devis technique et aux dessins

Notes:

- (1) À 91 jours pour le béton avec ciment type LH-HQ (20M) et à 28 jours avec le ciment de type GU ou GUB.
- (2) Le coulis de régalage des plaques d'appui, des poutres et des colonnes doit être composé de ciment Portland, de sable, d'eau et d'un adjuvant non ferreux, expansif au besoin accepté par Hydro Québec. À moins d'indication contraire d'Hydro Québec, le rapport sable/ciment ne doit pas être supérieur à 1,5/1,0. L'adjuvant doit être utilisé conformément aux recommandations du fabricant.
- (3) Lorsque le ciment de type LH-HQ (20M) est utilisé, le rapport eau-liant montré au tableau peut être majoré de 0,05 à moins que le rapport eau sur ciment soit spécifié dans un autre article de ce devis.
- (4) Ciment et teneur en air, voir chapitre 8.
- (5) Le coulis d'injection stable est constitué de ciment, d'eau et d'un superplastifiant à raison de 1 % de la masse de ciment. Pour un sac de ciment de 40 kg, une quantité de 0,8 litre de superplastifiant (0,5 kg d'eau équivalent) est requise peu importe le rapport E/C qui peut varier en cours d'injection de 0,8 à 0,4. Ainsi, un coulis d'injection stable avec un rapport E/C = 0,50 aura par sac de ciment de 40 kg la composition suivante : 40 kg de ciment, 19,5 litres d'eau et 0,8 litre de superplastifiant (0,5 litre d'eau équivalent). Exemple de calcul d'un litre pompé en kg de ciment type HE utilisé pour E/C = 0,50 donc un coulis d'une masse volumique de 1 810 kg/m³ ;
masse du coulis x (masse 1 sac de ciment / masse de l'eau + masse 1 sac de ciment utilisé) soit 1,81 kg / litre x (40 kg / (20 kg + 40 kg)) = 1,21 kg de ciment / litre pompé

4.1.1.1.2 à 4.1.1.1.5

Les articles 4.1.1.1.2 à 4.1.1.1.5 de la norme CSA A23.1-09 ne s'appliquent pas.

4.1.1.2 Limites de teneur en ions chlorure dans le béton

L'article 4.1.1.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les modifications qui suivent.

4.1.1.2.1

La teneur en ions chlorure hydrosolubles du béton avant exposition, exprimée en pourcentage de la masse du liant, ne doit pas être supérieure aux valeurs suivantes pour les utilisations indiquées:

- a) béton précontraint : 0,06 %;
- b) béton armé exposé à un environnement humide ou à des chlorures, ou aux deux : 0,15 %;

Sur les projets hydroélectriques, tout béton armé est exposé à un environnement humide.

4.1.1.2.2

L'article 4.1.1.2.2 de la norme CSA A23.1-09 avec la note s'appliquent avec les changements qui suivent.

La teneur en ions chlorure hydrosolubles du béton durci doit être déterminée pour chaque classe de béton exposé aux intempéries et pour chaque formule si les dosages ne contiennent pas les mêmes adjuvants en respect de la fréquence d'essai montrée au tableau 8.

Les essais doivent être effectués selon la norme CAN/CSA A23.2-4B sur un échantillon de béton âgé de 91 jours.

4.1.1.3 Gel et dégel

L'article 4.1.1.3 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas. Le sujet est couvert par l'article 4.1.1 de ce devis

4.1.1.4 Produits chimiques de déglacage (chlorures)

L'article 4.1.1.4 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas. Le sujet est couvert par l'article 4.1.1 de ce devis.

4.1.1.5 Eau de mer

L'article 4.1.1.5 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas. Le sujet est couvert par l'article 4.1.1 de ce devis.

4.1.1.6 Attaques par les sulfates

L'article 4.1.1.6 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Lorsqu'un ouvrage est en contact avec les sulfates, les concentrations doivent être déterminées et Hydro-Québec établira un traitement spécifique à cette condition d'exposition.

4.1.1.7 Abrasion et érosion

L'article 4.1.1.7 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas. Le sujet est couvert par l'article 4.1.1 de ce devis.

4.1.1.8 Exposition aux produits chimiques et aux déchets agressifs

L'article 4.1.1.8 de la norme CSA A23.1-09 s'applique et l'enduit protecteur requis est spécifié aux devis ou sur les dessins par Hydro-Québec.

4.1.1.9 Fissuration

L'article 4.1.1.9 de la norme CSA A23.1-09 avec la note s'appliquent.

4.1.1.10 Perméabilité aux ions chlorure

L'article 4.1.1.10 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

4.1.1.11 Béton hors profil

Le béton hors profil doit être coulé monolithiquement avec le béton de structure et armé selon les exigences d'Hydro-Québec. À moins d'indication contraire au devis technique ou sur les dessins, le béton hors profil est de la même classe que le béton de structure avec lequel il est en contact. Lorsque nécessaire, les vides qui restent entre la surface du roc et le béton hors profil après le bétonnage doivent être remplis systématiquement par du coulis d'injection selon les exigences du devis technique (injection des vides et de colmatage).

4.1.2 Variantes dans la façon de spécifier le béton**4.1.2.1**

L'article 4.1.2.1 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Hydro-Québec indique aux tableaux 2A et 2B les classes de béton à utiliser avec les caractéristiques principales suivantes :

- a) la classe de béton avec les conditions d'exposition ;
- b) le type de ciment ;
- c) la résistance spécifiée en MPa à un âge donné ;
- d) le rapport massique maximal de l'eau sur le ciment (E/C) ;
- e) la dimension nominale maximale des gros granulats ;

- f) les limites de teneur en air entraîné ;
- g) les limites d'affaissement lors de la mise en place ;
- h) la localisation et l'usage sont donnés à titre indicatif seulement sur ce tableau mais déterminés sur les dessins.

La réalisation des ouvrages de béton est confiée à un entrepreneur qui est également responsable de la fourniture du béton. L'Entrepreneur est responsable de la qualité du béton et des constituants, des opérations de fabrication, du transport, de la manutention, de la mise en place, de la protection, de la cure et de la performance du béton.

Dans certains cas, la fourniture du béton peut être octroyée à un autre entrepreneur. Dans ce dernier cas, c'est celui-ci qui est responsable des opérations de fabrication et selon le cas, également du transport du béton.

Les responsabilités décrites dans ce devis doivent être assurées par l'Entrepreneur responsable de l'activité concernée.

L'Entrepreneur doit présenter à Hydro-Québec tous les certificats, rapports et informations attestant que l'usine de fabrication, l'équipement, le matériel, les matériaux, le béton et son contrôle de la qualité interne sont conformes aux exigences spécifiées dans ce devis normalisé et les devis techniques.

À moins d'indications contraires aux clauses techniques particulières ou d'Hydro-Québec, l'Entrepreneur est responsable du dosage des constituants du béton (formules de dosage). En conséquence, le dosage des mélanges doit satisfaire aux exigences de cette norme et l'entrepreneur doit soumettre des documents démontrant que la formulation des mélanges proposés est conforme aux exigences de résistance, de durabilité et de performance spécifiées.

4.1.2.2

L'article 4.1.2.2 de la norme CSA A23.1-09 et la note s'appliquent avec l'ajout suivant :

- a) l'Entrepreneur doit étudier les devis techniques normalisés et les devis techniques et consulter les dessins avant de commander le béton.
- b) toutes les parties responsables de la fabrication du béton et de la réalisation des ouvrages doivent participer à des réunions afin de s'assurer que toutes les exigences des devis soient rencontrées.

4.1.2.3

L'article 4.1.2.3 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Lors de la commande du béton, l'Entrepreneur doit spécifier les éléments suivants :

- a) l'identification de l'élément à bétonner (numéro de levée);
- b) la quantité de béton nécessaire
- c) le type de ciment;
- d) la classe de béton (selon les tableaux 2A et 2B);

- e) les limites de température admissibles au site de mise en œuvre;
- f) les limites de teneur en air;
- g) les limites d'affaissement ;
- h) les adjuvants utilisés;
- i) le numéro de la formule de dosage.

4.2 Matériaux

4.2.1 Ciments et ajouts cimentaires

L'article 4.2.1 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

4.2.1.1 Ciments hydrauliques

Dans le cadre des aménagements hydro-électriques comportant du béton de masse, le ciment Portland type LH-HQ (20M) doit être utilisé et être conforme au devis technique normalisé «Ciment Portland type LH-HQ (20M) - Fourniture SN-26.2-2011», à moins d'indication contraire dans le devis technique. LH signifie Low heat, HQ signifie Hydro-Québec et 20M entre parenthèses est l'ancienne appellation.

Dans le cadre de travaux de réfection, d'autres ciments conformes à la norme CSA A3001-08 peuvent être considérés et être acceptés par Hydro-Québec.

4.2.1.2 Ordre d'utilisation

L'Entrepreneur doit utiliser le ciment dans l'ordre dans lequel il est livré.

4.2.1.3 Ajouts cimentaires

Hydro-Québec ne permet pas l'usage d'ajouts cimentaires tels que la fumée de silice, les cendres volantes, le laitier de haut-fourneau ou autres substituts à moins d'indication contraire dans le devis technique.

4.2.1.4 Échantillonnage et fréquence d'essais

Les caractéristiques chimiques, physiques et mécaniques du ciment portland type LH-HQ (20M) doivent être vérifiées à la réception au chantier, selon les fréquences établies au devis technique normalisé SN-26.2-2011 «Ciment Portland type LH-HQ (20M) – Fourniture».

4.2.2 Eau

L'article 4.2.2 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les exigences qui suivent.

Si l'eau ne provient pas de l'aqueduc d'une municipalité, une analyse chimique de l'eau est requise au début des travaux afin d'accepter la source d'alimentation selon les exigences du tableau 3. Dans ce cas, l'échantillonnage de l'eau doit être effectué à la source. La procédure d'échantillonnage ainsi que le temps limite dans lequel l'eau peut être utilisée afin de réaliser les essais doivent être conformes aux procédures du Ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ).

- a) Lorsque le résultat de l'analyse chimique montre que la teneur maximale en solides dissous est supérieure à 500 ppm, les essais indiqués à b) et c) sont requis.
- b) Des essais de temps de prise doivent être exécutés conformément à la norme ASTM C191 et la prise ne doit pas être accélérée de plus de 1 h 30 ni retardée de plus de 1h00 comparativement à une eau jugée conforme (eau distillée) ou à l'eau de l'aqueduc d'une municipalité. Les autres essais requis sont la détermination de la résistance à la compression sur cubes selon la norme CSA A23.2-8A et la détermination de la consistance normale selon la norme CSA A3004-B1.
- c) Par des essais de teneur en air réalisés en laboratoire à partir de mélanges sur mortier, on doit démontrer que l'eau n'affecte pas la teneur en air entraîné. Les essais doivent être exécutés conformément à la norme ASTM C 185 et la teneur en air ne doit pas varier de plus de 3 % par rapport à celle obtenue avec le mélange témoin fabriqué avec de l'eau distillée.

S'il y a des doutes sur la qualité de l'eau ou qu'il y a changement de la source d'approvisionnement durant les travaux, les essais mentionnés ci-haut doivent être répétés. Dans tous les cas, le certificat de conformité aux exigences est valide pour une période d'un an. Au-delà de cette période, de nouveaux essais de contrôle doivent être effectués.

L'utilisation de l'eau de lavage de béton n'est pas permise pour la confection du béton.

Tableau 3 – Concentrations chimiques limites dans l'eau brute utilisée comme eau de gâchage

Paramètre	Concentration maximale dans l'eau de gâchage, mg/litre	Méthode d'essai (Méthode comparable)
Chlorures	500 (pour le béton précontraint) ⁽¹⁾ 1 000 (pour d'autre béton armé) ⁽²⁾	ASTM D 512 (APHA 4110B, SM 4500)
Sulfates (sous forme de SO ₄)	3 000	ASTM D 516 (APHA-4110B)
Alcalis équivalents (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O)	500 ⁽²⁾	ASTM D 4192 (APHA 3125B)
Matières en suspension	≤ 250 mg/l	SM 2540 D
Solides dissous totaux	≤ 500 mg/l	SM 2540 C
pH	De 5,5 à 8,5	SM 4500-H (APHA 2540B)
Alcalinité totale ⁽³⁾ CaCO ₃ (facultatif)	-	APHA 2320
Total des solides	< 50 000	AASHTO T26-79 (APHA 2310B, 2320B)

(1) La contribution de l'eau de gâchage à la teneur totale des ions chlorures dans le béton ne doit pas dépasser les exigences de l'article 4.1.1.2

(2) La contribution de l'eau de gâchage à la teneur totale des ions alcalis dans le béton doit suivre les instructions de la méthode d'essai CSA A23.2-27A.

(3) Ce paramètre est un indicateur de la dureté de l'eau

4.2.3 Granulats

L'article 4.2.3 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les changements qui suivent.

4.2.3.1 Généralités

L'article 4.2.3.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec la précision qui suit.

Hydro-Québec utilise exclusivement des gros granulats et des granulats fins de densité normale.

La mise en pile des matériaux destinés à la fabrication des granulats à béton doit être supervisée par un géologue afin de s'assurer que ces derniers sont exempts de faciès et minéraux potentiellement nuisibles.

4.2.3.2 Échantillonnage et fréquence d'essais

L'article 4.2.3.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

Les granulats doivent être échantillonnés selon la méthode d'essai CSA A23.2-1A. Les compléments A1 et A2 de cette méthode s'appliquent.

La fréquence et la méthode d'essais sont indiquées au tableau 4. Les granulats doivent être prélevés à l'usine de concassage lors de la production des granulats et à la centrale de dosage avant leur utilisation dans le béton. Lorsque les granulats sont transportés par système de convoyeurs (bande transporteuse), les échantillons doivent être prélevés à l'extrémité du convoyeur.

L'analyse granulométrique obtenue après lavage du béton sur le tamis 5 mm ne doit pas servir comme essai d'acceptation ou de refus selon les exigences du tableau 6. Cet essai permet de vérifier le dosage des gros granulats. Il faut tenir compte du fait qu'une certaine proportion de particules contenues dans la pierre et passant le tamis 5 mm est perdue lors du lavage alors qu'une certaine proportion de particules contenues dans le sable sont retenues sur le tamis 5 mm.

4.2.3.3 Granulats fins de densité normale

L'article 4.2.3.3 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les changements qui suivent.

L'article 4.2.3.3.1 est remplacé par le texte qui suit.

Le granulat fin de densité normale doit être constitué de sable naturel. Hydro-Québec peut autoriser l'utilisation de sable manufacturé ou de criblure de pierre comme remplacement d'une partie de sable naturel s'il est démontré par des résultats d'essais qu'il n'en résulte aucun effet néfaste sur le béton tel qu'augmentation de la demande en eau pour un affaissement donné, augmentation de la quantité d'agent entraîneur d'air pour une teneur en air donnée, etc.

Le pourcentage de remplacement devra être approuvé par Hydro-Québec. Dans le cas où du sable manufacturé est utilisé, il doit être entreposé et dosé séparément. Il n'est pas permis de mélanger du sable naturel et du sable manufacturé dans une pile de réserve.

Le tableau 10 de l'article 4.2.3.3.2 de la norme CSA A23.1-09 est remplacé par le tableau 5 de ce devis.

L'article 4.2.3.3.2.1 incluant les notes s'appliquent avec les exigences qui suivent.

Lors de l'exploitation d'une sablière ou lors des opérations de tamisage, pour fins de contrôle qualitatif, la distribution granulométrique moyenne quotidienne sera considérée comme un lot, la fréquence d'échantillonnage étant celle montrée au tableau 4.

Lors de la fabrication du béton, pour fins de contrôle qualitatif, la distribution granulométrique moyenne représentant les granulats utilisés dans un même quart sera considérée comme un lot, la fréquence d'échantillonnage étant celle indiquée au tableau 4.

L'écart aux exigences sur un ou plusieurs tamis pour une analyse granulométrique individuelle n'est pas considéré comme étant non conforme. Les résultats individuels doivent cependant être clairement identifiés, facilement retraçables et Hydro-Québec doit être avisé. Le matériau est non conforme s'il y a carence ou excès sur un ou plusieurs tamis sur le résultat moyen d'un lot.

Tableau 4 - Fréquences d'essais des granulats

Matériau	Essai et méthode	Fréquence minimale	Lieu et besoin
Granulat fin	Examen pétrographique, CSA A23.2 15A et ASTM C295	1 fois par source ⁽¹⁾ minimum	Une fois par année
	Essais qualitatifs ⁽²⁾ , Voir tableau 7	1 fois par source	Une fois par année
	Réactivité alcalis-granulats, CSA A23.2-14A et 25A	1 fois par année pour chaque source	Une fois par année
	Absorption, CSA A23.2-6A	1 fois/mois, 3 fois / source minimum ⁽⁴⁾	Centrale de dosage Sablière
	Colorimétrie, CSA A23.2-6A	4 fois/Quart ⁽³⁾	Sablière
	Colorimétrie, CSA A23.2-6A	2 fois/Quart	Centrale de dosage
	Granulométrie et module de finesse, CSA A23.2-2A	4 fois/Quart et plus souvent si requis	Sablière
	Granulométrie et module de finesse, CSA A23.2-2A	2 fois/Quart	Centrale de dosage
	Densité relative, CSA A23.2-6A	1 fois/mois 3 fois / source minimum ⁽⁴⁾	Centrale de dosage Sablière
	Teneur en eau, CSA A23.2-11A	Continuellement, moyenne de 4 fois par Quart	Centrale de dosage
	Masse volumique, CSA A23.2-10A	1 fois/mois	Centrale de dosage
	Fragmentation, LC-21-100	1 fois par source	Gravier naturel seulement
Gros granulat	Examen pétrographique, CSA A23.2 15A et ASTM C295	1 fois par source ⁽¹⁾ minimum	Une fois par année
	Réactivité alcalis-granulats, CSA A23.2-14A et 25A	1 fois par année pour chaque source	Une fois par année
	Absorption, CSA A23.2-6A	1 fois/mois, 3 fois / source minimum ⁽⁴⁾	Centrale de dosage Concasseur
	Granulométrie, CSA A23.2-2A. Teneur en particules < 80 µm CSA A23.2-5A	4 fois/Quart et plus souvent si requis	Concasseur
	Granulométrie, CSA A23.2-2A	2 fois/Quart	Centrale de dosage
	Granulométrie, CSA A23.2-2A	1 fois/Quart pour les dosages de béton les plus utilisés	Après lavage du béton sur le tamis 5 mm
	Densité relative, CSA A23.2-6A	1 fois/mois, 3 fois / source minimum ⁽⁴⁾	Centrale de dosage concasseur
	Masse volumique, CSA A23.2-10A	1 fois/mois, 3 fois / source minimum ⁽⁴⁾	Centrale de dosage Concasseur
	Teneur particules < 80 µm, CSA A23.2-5A	1 fois / mois	Centrale de dosage

(1) Chaque carrière, dépôt ou aire de stockage est considéré comme une source indépendante. Une carrière, un dépôt ou une aire de stockage est considéré comme une source unique de matériau, si cette carrière, ce dépôt ou cette aire de stockage est de composition homogène. Si cette carrière, ce dépôt ou cette aire de stockage est de composition hétérogène, c'est-à-dire composé de plus d'un type de roche ou de matériaux de sources différentes, alors cette carrière, ce dépôt ou cette aire de stockage est considéré comme étant d'origines différentes multiples. Dans ce dernier cas, la fréquence d'essai est aux 4 mois ou 3000t et chaque type de roche doit être soumis aux essais.

(2) Les essais qualitatifs sont ceux décrits au tableau 7 de ce devis.

(3) Quart : période de 10 heures, soit quart de nuit et quart de jour.

(4) Par période de production continue

4.2.3.4 Gros granulats de densité normale

L'article 4.2.3.4 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Les gros granulats de densité normale fabriqués à partir d'une source désignée par Hydro-Québec sont constitués de pierre concassée ou de gravier naturel concassé. Dans le cas de gravier naturel concassé, le pourcentage en masse de granulats fragmentés par concassage et retenus sur le tamis 5 mm doit être supérieur à 60 %.

Les calibres des gros granulats doivent être choisis à partir des dimensions nominales du tableau 6, conformément aux critères des articles 4.3.2.2 et 4.3.6 de la norme CSA A23.1-09.

La classe du gros granulat 80-5 mm doit être préparée à partir de quatre classes de gros granulats, soit 80-40 mm, 40-20 mm, 20-10 mm et 10-5 mm, qui sont combinées à la centrale de dosage dans les proportions permettant de rencontrer les exigences granulométriques du gros granulat 80-5 mm.

La classe du gros granulat 40-5 mm doit être préparée à partir de trois classes de gros granulats, soit 40-20 mm, 20-10 mm et 10-5 mm, qui sont combinées à la centrale de dosage dans les proportions permettant de rencontrer les exigences granulométriques du gros granulat 40-5 mm.

La classe du gros granulat 20-5 mm doit être préparée à partir de deux classes de gros granulats, soit 20-10 mm et 10-5 mm, qui sont combinées à la centrale de dosage dans les proportions permettant de rencontrer les exigences granulométriques du gros granulat 20-5 mm.

Lors de la fabrication des gros granulats, pour fins de contrôle qualitatif, la distribution granulométrique moyenne quotidienne de chacun des calibres fabriqués sera considérée comme un lot, la fréquence d'échantillonnage étant celle montrée au tableau 4.

L'écart aux exigences sur un ou plusieurs tamis pour une analyse granulométrique individuelle n'est pas considéré comme étant non conforme. Les résultats individuels doivent cependant être clairement identifiés, facilement retraçables et Hydro-Québec doit être avisé. Le matériau est non conforme s'il y a carence ou excès sur un ou plusieurs tamis sur le résultat moyen d'un lot.

Lors de la fabrication du béton, pour fins de contrôle qualitatif, le combiné granulométrique moyen déterminé par calcul représentant les granulats utilisés dans un même quart sera considéré comme un lot, la fréquence d'échantillonnage étant celle indiquée au tableau 4. Le matériau est non conforme s'il y a carence ou excès de particules sur un ou plusieurs tamis sur le résultat moyen d'un lot.

Dans le cas où les gros granulats proviennent d'une source qui n'est pas désignée par Hydro-Québec, notamment dans le cas des gros granulats constitués en piles à une centrale de dosage hors chantier, l'article 4.2.3.4.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

Pour chaque calibre, les analyses granulométriques doivent être effectuées en utilisant tous les tamis normalisés indiqués au tableau 6 même si aucune exigence n'est spécifiée pour un tamis donné.

4.2.3.5 Réactions nuisibles du granulat**4.2.3.5.1 Réactivité alcalis-granulats**

L'article 4.2.3.5 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes et l'appendice B s'appliquent avec les exigences complémentaires qui suivent.

Les granulats de chacune des sources utilisées doivent être vérifiés du point de vue réactivité alcalis-granulats. Chacune des sources de gros granulats et des granulats fins doit être reconnue non réactive aux alcalis du ciment et être acceptée par Hydro-Québec. Les essais d'évaluation de réactivité alcalis-granulats doivent être réalisés selon les méthodes d'essais CSA A23.2-14A et 25A. Ce sont les résultats de la méthode CSA A23.2-14A qui priment.

Les essais sont réalisés individuellement sur les gros granulats et les granulats fins. Un autre essai doit aussi être effectué sur les gros granulats et granulats fins combinés tels qu'utilisés au chantier. Les essais d'évaluation de réactivité alcalis-granulats doivent être réalisés selon les méthodes d'essais CSA A23.2-14A et 25A. Ce sont les résultats de la méthode CSA A23.2-14A qui priment.

Dans le cas de l'acceptation d'une source de granulats sur la base de documents soumis à Hydro-Québec, ce dernier se réserve le droit d'effectuer des essais additionnels de détermination du potentiel de réactivité alcalis-granulats.

Les méthodes préventives citées à l'article 4.2.3.5 et à l'article 5 de la norme A23.2-27A ne sont pas autorisées car les granulats utilisés doivent être non réactifs aux alcalis.

Si requis par Hydro-Québec, un rapport de visite de structures de 15 ans et plus, construites avec des sources identiques de granulats et ayant une exposition équivalente doit être produit.

4.2.3.5.2 Autres réactions

L'article de la norme CSA A23.1-09 et les notes s'appliquent.

4.2.3.6 Substances nuisibles et propriétés physiques

L'article 4.2.3.6 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Les résultats des essais effectués sur les échantillons distincts conformes aux exigences granulométriques des tableaux 5 et 6, ne doivent pas dépasser les limites prescrites au tableau 7 de ce devis. La détermination des substances nuisibles ou des propriétés physiques doit être faite selon les méthodes d'essais indiquées au tableau 7.

4.2.3.7 Examen pétrographique

L'article 4.2.3.7 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec l'exigence complémentaire qui suit.

L'examen pétrographique des granulats est requis pour chaque source ou par type de roche au début de l'exploitation de chaque source d'emprunt ou carrière et par la suite une fois par année.

4.2.3.8 Effets des granulats sur les propriétés du béton

L'article 4.2.3.8 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

4.2.3.9 Acceptation des granulats

L'article 4.2.3.9 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec l'exigence complémentaire qui suit.

L'Entrepreneur doit prévoir les équipements requis pour la fabrication des gros granulats, y compris les systèmes de lavage, afin de se conformer aux exigences granulométriques du tableau 6 (80-40, 40-20, 20-10, 10-5A et 10-2.5A).

Les granulats non conformes doivent être retamisés ou lavés ou les deux à la fois de façon à respecter les exigences granulométriques et l'exigence relative à la propreté au tamis 80 µm du tableau 7.

Tableau 5 – Limites granulométriques du granulat fin

Dimension du tamis	Masse totale passant le tamis en %	
	Sable à béton	Sable à coulis
10 mm	100	-
5 mm	95-100	-
2,5 mm	80-100	100
1,25 mm	50-90	95 - 100
630 µm	25-65	60 - 85
315 µm	10-35	30 - 50
160 µm	2-10	10 - 30
80 µm	0 – 3 ⁽¹⁾	0 - 5

⁽¹⁾ Cette limite peut être portée à 5 % conformément aux exigences inscrites au bas du tableau 7.

Tableau 6 – Calibre du gros granulat

Dimension nominale du gros granulat, mm	Masse totale en pourcentage passant chaque tamis en mm										
	112	80	56	40	28	20	14	10	5	2,5	1,25
80-40	100	90-100	25-60	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
40-20	-	-	100	90-100	25-60	0-15	-	0-5	-	-	-
20-10	-	-	-	-	100	85-100	40-60	0-20	0-5	-	-
80-5	100	95-100	-	50-70	-	25-45	-	5-15	0-3	-	-
40-5	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-	-
20-5	-	-	-	-	100	85-100	50-90	25-60	0-10	0-5	-
10-5	-	-	-	-	-	-	100	85-100	0-20	0-5	-
10-2,5	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5
10-5a	-	-	-	-	-	-	100	85-100	0-12	0-3	-
10-2,5a	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-20	0-7	0-3

Note : Les exigences granulométriques 10-5a et 10-2,5a s'appliquent au concassage tandis que les exigences 10-5 et 10-2,5 sont celles applicables à l'usine lors de la fabrication du béton.

Tableau 7 – Limites de substances nuisibles⁽¹⁾ et propriétés physiques

Propriétés	Pourcentage maximal de l'échantillon total		Méthode d'essai	Fréquence minimale
	Granulat fin	Gros granulat		
Exigences fondamentales				
Mottes d'argile ⁽²⁾	1,0	0,3	CSA A23.2-3A	1 fois par an et par source
Constituants granulaires de faible densité ⁽³⁾	0,5	0,5	CSA A23.2-4A	1 fois par an et par source
Particules fines passant le tamis 80 µm	3,0(4)	1,0(5)	CSA A23.2-5A	1 fois par granulométrie au concassage, 1/mois à la centrale de dosage pour gros granulats, 1/gratulométrie pour granulats fins
Particules plates		25	CSA A.23.2-13 A procédure B	1 fois par an et par source
Particules allongées	-	45	CSA A.23.2-13 A procédure B	1 fois par an et par source
Particules plates et allongées	-	10	CSA A.23.2-13 A procédure B	1 fois par an et par source
Essai Micro Deval ⁽⁶⁾	25	17	CSA A23.2-23A CSA A23.2-29A (article 6,2 et 6,4)	1 fois par an et par source
Essai gel/dégel de granulats non confinés ⁽⁷⁾	-	6	CSA A23.2-24A	1 fois par source
Essai Los Angeles Perte à l'abrasion ⁽⁸⁾	Sans objet	50	CSA A23.2-16A, (grade ou granulométrie A,B,D) CSA A23.2-17A (Granulométrie 1)	1 fois par an et par source, Granulométrie, grades A et C
Exigences alternatives				
Perte à l'essai MgSO ₄ ⁽⁹⁾	16	12	CSA A23.2-9A	1 fois par an et par source

(1) Les limites de substances nuisibles, non répertoriées dans le tableau telles que le chert, le schiste, le microgrès, le grès ou le calcaire argileux seront spécifiées par Hydro-Québec de façon à englober toutes les substances nuisibles connues existant dans une région donnée. En l'absence de ces renseignements, les granulats seront acceptés ou refusés selon l'article 4.2.3.9.

(2) Par mottes d'argile on entend les substances sédimentaires fines, consolidées d'aluminosilicates en forme aqueuse. Cet essai ne s'applique pas pour les carrières dont la roche est de nature ignée.

(3) On utilise habituellement un liquide ayant une densité relative de 2,0 pour séparer les particules de charbon ou de lignite. Des liquides de densité relative supérieure ou inférieure à 2,0 pourraient être nécessaires pour l'identification d'autres substances nuisibles moins denses.

(4) Cette limite peut être portée à 5 % si les particules d'argile de moins de 2 µm ne représentent pas plus de 1 % de la totalité de l'échantillon de granulat fin. La quantité de particules d'argile de moins de 2 µm doit être déterminée par l'analyse hydrométrique selon la méthode d'essai ASTM D422 90 sur un échantillon lavé sur un tamis de 80 µm.

(5) Dans le cas du granulat concassé, si les particules passant le tamis de 80 µm sont constituées de poussière de cassure essentiellement exempte d'argile ou de schiste, la limite indiquée peut être augmentée à 2,0 % lors de l'utilisation à l'usine de dosage et ne s'applique pas lors du concassage. Nonobstant la limite de cette exigence, lorsque les granulats sont enduits de substance adhérente et paraissent sales, ceux-ci doivent subir l'essai suivant pour déterminer l'adhérence des substances aux granulats. Noyer dans l'eau calme un échantillon du granulat, remuer légèrement l'échantillon et le ressortir. Si après cet essai 80 % des granulats de l'échantillon sont propres, les granulats sont acceptables, si non les granulats doivent être lavés.

(6) Méthode d'essai CSA A23.2-23A. Cette méthode d'essai du gros granulat fin est rapide et extrêmement précise. De plus, elle présente une étroite corrélation avec l'essai de résistance à la désagrégation MgSO₄, plus complexe et plus variable. Pour plus de renseignements, voir le document Micro-Deval Test for Evaluating the Quality of Fine Aggregate for Concrete and Asphalt, de C. A. Rogers, M. Bailey et B. Price, Transportation Research Board, Record No. 1301, 1991, pp. 68-76.

(7) Méthode d'essai CSA A23.2-24A. Cette méthode d'essai du gros granulat offre une bonne précision et une corrélation acceptable avec l'essai de résistance à la désagrégation MgSO₄. Pour plus de renseignements, voir le document Development of an Unconfined Freeze-thaw Test for Coarse Aggregate, de C. A. Rogers, S. A. Senior et D. Boothe, Ministère des Transports de l'Ontario, Engineering Materials Report EM-87, 1989.

(8) La perte due à l'abrasion ne doit pas dépasser 35 % lorsque le granulat est utilisé pour la construction de chaussées en béton ou d'autres surfaces exposées à une usure importante.

(9) On peut déroger aux exigences de l'essai Micro-Deval pour les granulats fins ou aux exigences de gel-dégel pour les gros granulats si les exigences de perte à l'essai MgSO₄ sont rencontrées.

4.2.4 Adjuvants

L'article 4.2.4 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

4.2.4.1 Généralités

Les adjuvants doivent être conformes aux exigences des articles qui suivent.

4.2.4.2 Adjuvants entraîneurs d'air

Tous les bétons utilisés doivent contenir un agent entraîneur d'air. Les adjuvants entraîneurs d'air doivent être compatibles avec les autres adjuvants et le type de ciment utilisé et être conformes à la norme ASTM C260.

Dans le cas particulier des dalles de béton sur lesquelles est appliqué un durcisseur non métallique, on doit suivre les recommandations du manufacturier et il peut être requis de ne pas utiliser d'agent entraîneur d'air dans le béton.

4.2.4.3 Adjuvants chimiques

Hydro-Québec ne permet pas l'utilisation d'adjuvants chimiques à l'exception des adjuvants réducteurs d'eau et des superplastifiants. Un adjuvant réducteur d'eau à grande efficacité conforme au type F de la norme ASTM C 494 peut être utilisé en remplacement du superplastifiant. Lorsqu'utilisés, ces adjuvants doivent être compatibles entre eux et avec le ciment LH-HQ (20M) étant donné notamment la basse teneur en alcalis de ce type de ciment ou de tout autre type de ciment spécifié par Hydro-Québec.

Seuls les réducteurs d'eau de type A (ASTM C 494) doivent être utilisés à moins d'indication contraire par Hydro-Québec. Ces réducteurs d'eau doivent produire une réduction d'eau supérieure à 5 % comparativement au mélange témoin contenant également de l'air entraîné. Sur autorisation d'Hydro-Québec, un réducteur d'eau de type D (ASTM C 494), c'est-à-dire retardateur de prise, peut être utilisé pour certains ouvrages.

L'utilisation des adjuvants superplastifiants ou des réducteurs d'eau à grande efficacité de type F doit être autorisée par Hydro-Québec. Ceux-ci doivent être utilisés seulement lorsque les conditions de mise en place sont difficiles, par exemple dans des espaces restreints et lorsque les éléments sont fortement armés. Dans tous les cas, ils doivent être ajoutés à pied d'œuvre. Seuls les superplastifiants de type 1 conformes à la norme ASTM C 1017 et les adjuvants réducteurs d'eau à grande efficacité conformes au type F de la norme ASTM C 494 peuvent être autorisés par Hydro-Québec.

Notes :

1) Dans le cas du ciment type LH-HQ (20M), les adjuvants liquides et composés de polyacrylates, de polycarboxylates ou d'un sel de sodium d'acide naphthalène sulfonique ont permis sur certains projets d'Hydro-Québec d'optimiser et de maintenir une fluidité optimale sans atteindre une réduction d'eau de 5 % dans le cas des réducteurs d'eau de type A. Dans le cas des naphthalènes sulfoniques, il est parfois requis d'utiliser une teneur plus élevée en sulfates (3 % maximum), notamment pour la fabrication de béton autoplaçant.

2) Lorsque des superplastifiants (ou réducteurs d'eau à grande efficacité) sont utilisés, ils doivent être compatibles entre eux et avec le ciment LH-HQ (20M). L'affaissement mesuré après le dosage au chantier doit être maintenu à une valeur de 150 mm maximum, à moins d'indication contraire par Hydro-Québec, afin de minimiser le phénomène de ségrégation du béton.

4.2.4.4 Adjuvants pulvérulents

Les adjuvants pulvérulents doivent être mis en solution avant utilisation et selon les recommandations du fabricant.

Les adjuvants en solution ou en suspension doivent être agités pour conserver leur homogénéité.

4.2.4.5 Chlorure de calcium

Il est interdit d'utiliser du chlorure de calcium ou tout adjuvant contenant des chlorures.

4.2.4.6 Acceptation et essais

La liste de tous les adjuvants employés doit être soumise au préalable à Hydro-Québec.

L'Entrepreneur doit présenter toutes les fiches techniques démontrant que les adjuvants qu'il propose d'utiliser dans le béton sont conformes aux normes applicables et aux exigences de ce devis avec l'utilisation d'un ciment de type LH-HQ (20M). Il doit suivre toutes les recommandations du manufacturier. Un rapport d'essais de laboratoire, plus récent que 5 ans, et démontrant que les exigences des normes applicables et de ce devis sont respectées doit être présenté à Hydro-Québec.

Avant leur utilisation, Hydro-Québec se réserve le droit de soumettre ou d'exiger de soumettre chaque livraison d'adjuvant à des essais de laboratoire conformément aux normes citées précédemment.

Hydro-Québec se réserve le droit de refuser des adjuvants chimiques dont le retrait au séchage, le facteur de durabilité relative et la perte d'affaissement ne respectent pas les valeurs suivantes :

- a) Retrait au séchage (normes ASTM C 494 et ASTM C 157)
 - si le retrait du mélange témoin après 14 jours de séchage est supérieur à 0,030 % celui du mélange avec l'adjuvant chimique doit être inférieur à 120 % du retrait du mélange témoin;
 - si le retrait du mélange témoin après 14 jours de séchage est inférieur à 0,030 %, l'augmentation du retrait du mélange avec l'adjuvant chimique à vérifier doit être inférieure à 0,007 %
- b) Facteur de durabilité relative (gel / dégel) du mélange avec l'adjuvant chimique :
 - 90 % minimum.
- c) Perte d'affaissement
 - Les adjuvants chimiques utilisés doivent produire une réaction normale et être compatibles avec le ciment et les autres adjuvants utilisés. Après la fabrication du béton à l'usine, la perte d'affaissement doit être la plus faible possible.

4.2.5 Fibres

4.2.5.1 Fibres d'acier

À moins d'avis contraire d'Hydro-Québec, les fibres d'acier ne sont pas utilisées dans le béton destiné aux ouvrages hydroélectriques.

4.2.5.2 Fibres synthétiques

À moins d'avis contraire d'Hydro-Québec, les fibres synthétiques sont utilisées uniquement dans le béton projeté.

4.2.6 Matériaux préensachés

Les matériaux préensachés sont utilisés principalement pour la réparation du béton (mortiers), pour l'ancrage dans le béton de boulons et de barres d'armature, pour l'injection de gaines de précontrainte (coulis) et pour le remplissage sous les plaques d'appui.

Les matériaux préensachés doivent être à base de ciment Portland et être prédosés par le manufacturier.

Le type de mortier préensaché utilisé par l'Entrepreneur doit posséder des caractéristiques de résistance et de durabilité équivalentes à celles exigées à l'article 4.1.1 de ce devis.

Tout matériau préensaché doit être accompagné d'une fiche technique du manufacturier démontrant la performance du produit et répondant aux exigences de la norme ASTM C 928.

Toutes les recommandations du manufacturier concernant l'utilisation des matériaux préensachés doivent être respectées.

Il est interdit d'utiliser une portion de sac d'un matériau préensaché.

Seuls les matériaux préensachés inclus à la « Liste des matériaux relatifs au béton de ciment éprouvés par la laboratoire des chaussées du MTQ » (version la plus récente) sont autorisés par Hydro-Québec.

4.3 Propriétés du béton

4.3.1 Dosage

L'article 4.3.1 de la norme CSA A23.01-09 ne s'applique pas sauf les notes 1 et 2.

Le dosage doit être établi de façon à produire :

- a) un béton ouvrable;
- b) un béton durable compte tenu qu'il s'agit d'ouvrages hydrauliques devant avoir une longue durée de vie;
- c) les rapports E/C doivent respecter les limites des tableaux 2A et 2B de l'article 4.1.1 de ce devis;
- d) un béton dont la teneur en air se situe dans les limites spécifiées;
- e) un béton rencontrant les exigences de résistance à la compression;
- f) un béton ayant la masse volumique requise;
- g) un béton conforme aux prescriptions de l'article 4.3.6 de la norme CSA A23.1-09 relatif aux considérations de stabilité volumétrique;

4.3.2 Ouvrabilité**4.3.2.1 Généralités**

L'article 4.3.2.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

4.3.2.2 Dimension nominale maximale des granulats

L'article 4.3.2.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les précisions qui suivent.

La dimension nominale maximale des granulats est spécifiée par Hydro-Québec aux tableaux 2A et 2B de l'article 4.1.1 ou tel qu'indiqué au devis technique ou sur les dessins. Cette dimension nominale maximale est établie en fonction des règles énoncées à l'article 4.3.2.2 de la norme CSA A23.1-09.

La dimension nominale maximale des granulats ne peut pas être modifiée pour permettre ou faciliter l'utilisation des pompes à béton.

L'utilisation d'agents de pompage (Pumping Aid) n'est pas permise.

Si le béton spécifié ne peut être pompé, un autre mode de mise en place doit être utilisé.

4.3.2.3 Affaissement ou étalement

L'article 4.3.2.3 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

4.3.2.3.1 Généralités

Les limites d'affaissement sont spécifiées par Hydro-Québec en fonction de la classe de béton et de l'usage selon les tableaux 2A et 2B de l'article 4.1.1 ou tel qu'indiqué au devis technique ou sur les dessins.

4.3.2.3.2 Tolérances de l'affaissement ou de l'étalement

À moins d'avis contraire d'Hydro-Québec, l'article 4.3.2.3.2 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Les limites inférieures de l'affaissement peuvent être diminuées pour bonifier la mise en œuvre, en particulier lorsque le béton est mis en œuvre sans coffrage.

4.3.3 Entraînement d'air**4.3.3.1 Généralités**

L'article 4.3.3.1 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Toutes les classes de béton prévues par Hydro-Québec contiennent de l'air entraîné et les limites de teneur en air sont spécifiées par Hydro-Québec aux tableaux 2A et 2B de l'article 4.1.1 ou tel qu'indiqué au devis technique ou sur les dessins.

4.3.3.2 Réseau de bulles d'air

L'article 4.3.3.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

4.3.3.3 Paramètres des bulles d'air

L'article 4.3.3.3 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

4.3.4 Densité

L'article 4.3.4 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas, car Hydro-Québec utilise exclusivement du béton de densité normale.

4.3.5 Résistance mécanique

L'article 4.3.5 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les précisions qui suivent.

Les dosages de béton sont établis en fonction de deux critères principaux qui doivent être rencontrés simultanément soit le rapport eau sur ciment maximal et la résistance à la compression spécifiée à une échéance donnée. Dans le cas du ciment type LH-HQ (20M), cette échéance est de 91 jours.

4.3.5.1 Dosage de constituants préalablement éprouvés

L'article 4.3.5.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements suivants :

Centrale de dosage hors chantier

Les centrales de dosage hors chantier doivent posséder un certificat de conformité à la norme NQ 2621-900 selon le protocole de certification NQ 2621-905.

Tous les dosages (formules) des mélanges de béton doivent faire l'objet d'une fiche descriptive datée et signée par le responsable du contrôle de la qualité de l'entrepreneur. Cette fiche doit être présentée avant la fourniture du béton au moins 14 jours avant son utilisation. Les caractéristiques indiquées doivent être représentatives du béton qui sera mis en place et conformes aux exigences du devis.

Cette fiche doit comprendre les informations suivantes :

- a) une identification unique permettant d'assurer la traçabilité de la formule;
- b) la date à partir de laquelle la formule prend effet;
- c) la masse volumique du béton frais en kg/m^3 à la teneur en air et à l'affaissement spécifiés;
- d) la masse de ciment en kg/m^3 ;
- e) la quantité d'eau en l/m^3 ;
- f) la masse des granulats fins et des gros granulats en kg/m^3 (état saturé, surface sèche);
- g) le rapport massique eau-ciment ou eau-liant, en considérant que les granulats sont dans un état saturé, surface sèche;
- h) la résistance à la compression spécifiée;
- i) les limites de teneur en air et d'affaissement;
- j) les types d'adjuvants, le nom des produits et les quantités utilisées;
- k) le type de ciment et des ajouts cimentaires et leur provenance;

- l) un rapport d'un laboratoire expert indépendant établissant pour le mélange 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 pour les bétons soumis aux intempéries (cycles de gel-dégel, etc.). Le rapport est requis pour les classe de béton A et B;
- m) les caractéristiques intrinsèques, de fabrication et complémentaires des granulats fins et gros ainsi que leur provenance;
- n) la granulométrie, la masse volumique pilonnée à sec des gros granulats combinés, la densité relative brute (état saturé, surface sèche) de chacun des calibres des granulats gros et fins, le pourcentage d'absorption des granulats fins et gros ainsi que le module de finesse et l'indice colorimétrique du granulat fin;
- o) un rapport d'un laboratoire qualifié par Hydro-Québec établissant le potentiel de la réactivité alcalis-granulats;
- p) les résultats des essais de performance requis.

4.3.5.2 Dosage de constituants à déterminer par des mélanges d'essais

L'article 4.3.5.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

Centrale de dosage installée au chantier

Lorsqu'une centrale de dosage est installée au chantier, les équipements et les matériaux utilisés pour la fabrication du béton doivent être conformes aux exigences de ce devis.

Toutes les formules de dosage doivent être établies à la suite d'un programme de mélange d'essai en laboratoire. Ces gâchées doivent être effectuées en respect des exigences prescrites à la norme A23.1-2C « Confection de mélanges d'essais en laboratoire ». Les gâchées d'essais doivent être effectuées avec les matériaux (granulats fins, gros granulats, ciment, eau de gâchage et adjuvants) qui seront réellement utilisés en chantier, et ce pour chaque désignation requise lors des travaux.

Les formules de dosages déterminées en laboratoire doivent par la suite être soumises pour approbation à Hydro-Québec. Chaque formule doit faire l'objet d'une fiche descriptive datée et signée par le responsable du contrôle de la qualité de l'entrepreneur. Cette fiche doit être présentée au moins 28 jours avant sa première utilisation.

Cette fiche doit comprendre les informations suivantes :

- a) une identification unique permettant d'assurer la traçabilité de la formule. Cette identification doit être constituée de 7 caractères numériques dans laquelle apparaissent la résistance spécifiée, le diamètre nominal maximal du gros granulat et le numéro de formule. (ex : 30-40-01) ;
- b) la date à partir de laquelle la formule prend effet;
- c) la masse volumique du béton frais en kg/m^3 à la teneur en air et à l'affaissement spécifiés;
- d) la masse de ciment en kg/m^3 ;
- e) la quantité d'eau en l/m^3 ;
- f) la masse des granulats fins et des gros granulats en kg/m^3 (état saturé, surface sèche);
- g) le rapport massique eau-ciment ou eau-liant, en considérant que les granulats sont dans un état saturé surface sèche;
- h) la résistance à la compression spécifiée;

- i) les limites de teneur en air et d'affaissement;
- j) les types d'adjuvants, le nom des produits et les quantités utilisées;
- k) le type de ciment;
- l) les caractéristiques intrinsèques, de fabrication et complémentaires des granulats fins et gros ainsi que leur provenance;
- m) la masse volumique pilonnée à sec des gros granulats combinés, la densité relative brute (état saturé, surface sèche) de chacun des calibres des granulats gros et fins, le pourcentage d'absorption des granulats fins et gros ainsi que le module de finesse et l'indice colorimétrique du granulat fin;
- n) les résultats d'essais d'affaissement, de teneur en air, de température et de masse volumique déterminées après gâchage (T_0) et après le temps estimé de transport au site de mise en place (T_x);
- o) les résultats de résistance à la compression à 3, 7, 28 et 91 jours obtenus à partir d'éprouvettes cylindriques confectionnées après le temps estimé de transport au site de mise en place (T_x). Les résultats à 91 jours peuvent être transmis ultérieurement ;

Lorsque le béton contient un adjuvant réducteur d'eau, la fiche descriptive doit en plus pour les désignations B-2, B-3 et A-3 comprendre les résultats d'essais de performance suivants :

- p) Les caractéristiques d'affaissement, de teneur en air, de température et de masse volumique doivent être mesurées à intervalles de 15 minutes sur une période de temps supplémentaire de 30 minutes après le temps estimé de transport au site de mise en place, soit (T_{x+15} et T_{x+30}). L'objectif visé par ces essais est de s'assurer de la conformité à l'article c) Perte d'affaissement de la section **4.2.4.6 Acceptation et essais**. La perte d'affaissement mesurée ne doit pas excéder 30 mm.

La conformité du béton aux exigences est établie au point de déchargement du matériel de livraison (article 4.4.2). À cet égard, il peut être requis de fabriquer le béton à la centrale de dosage (T_0) avec un affaissement légèrement plus élevé que la valeur maximale prescrite pour s'assurer que le béton livré à pied d'œuvre possède l'ouvrabilité requise pour permettre d'optimiser les opérations de mise en œuvre;

Advenant des changements dans les constituants du béton de ciment ou dans les sources d'approvisionnement en granulats, une nouvelle fiche doit être produite.

Les formules de mélange soumises pour approbation doivent être examinées par un spécialiste en ingénierie des matériaux faisant partie d'un laboratoire qualifié par Hydro-Québec. Hydro-Québec se réserve le droit de vérifier le dosage des constituants de chacune des formules soumises par la réalisation de gâchées d'essais en laboratoire. Hydro-Québec se réserve aussi le droit d'exiger des changements à la formule afin que celle-ci soit conforme aux exigences du devis.

4.3.6 Considérations de stabilité volumique

L'article 4.3.6 de la norme CSA A23.1-09 incluant la note s'appliquent.

4.3.7 Perméabilité aux ions chlorure

L'article 4.3.7 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

4.4 Contrôle de la qualité

L'article 4.4 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

Le contrôle de la qualité du béton s'applique au béton fabriqué en chantier et hors chantier. Ce contrôle vise également les éléments en béton préfabriqué en usine.

4.4.1 Généralités

L'article 4.4.1 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Le contrôle de la qualité du béton et de ses constituants doit être effectué par un laboratoire qualifié catégorie 1 par Hydro-Québec au chantier et hors chantier ainsi que dans les usines de préfabrication.

Hydro-Québec et le laboratoire doivent en tout temps, avoir libre accès à l'ouvrage, à toutes les installations de fabrication du béton ainsi qu'à toutes les installations de fabrication et d'entreposage de ses constituants y compris les installations hors chantier.

Pour effectuer le contrôle de qualité du béton, le logiciel « Système de gestion d'essais sur béton de ciment » (SEBC) d'Hydro-Québec ou un système équivalent approuvé doit être utilisé par le laboratoire.

L'Entrepreneur doit prévoir des installations adéquates et des espaces suffisants afin de permettre de vérifier les opérations, le matériel de la centrale de dosage, le matériel de manutention et de transport, et procéder à l'échantillonnage de tous les matériaux entrant dans la composition du béton ainsi que le béton fourni conformément au présent devis. Pour le contrôle de la qualité du béton à la réception, l'entrepreneur doit fournir des abris chauffés et climatisés dont les dimensions minimales sont de 2,5 m x 2,5 m x 2,5 m, afin que la température soit maintenue entre 15 et 25 °C si des cylindres de béton sont entreposés dans ces abris.

L'entrepreneur doit prévoir un espace avec chaise et bureau à proximité du responsable du dosage du béton pour permettre au représentant du laboratoire mandaté par Hydro-Québec d'effectuer le contrôle à la fabrication. Le contrôle externe effectué par le laboratoire ne dégage en rien l'entrepreneur de ses responsabilités contractuelles.

Tous les essais et vérifications des matériaux seront effectués en se référant à ce devis ainsi qu'aux articles 4.4 et 5.2 de la norme CSA A23.1-09 et à la norme CSA A23.2-09.

4.4.2 Échantillonnage du béton

L'article 4.4.2 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Le béton doit être prélevé au point de déchargement du matériel de livraison en se référant à la norme CSA A23.2-1C. La fréquence d'échantillonnage est indiquée au tableau 8 et dans les articles qui suivent.

Lorsqu'il y a doute que la qualité du béton puisse être affectée par le matériel de transport tel que pompes à béton, convoyeurs ou autres, des essais supplémentaires doivent être effectués sur des échantillons prélevés à la sortie de ces équipements ou dans le coffrage, à la fréquence établie par Hydro-Québec afin de documenter cette situation et d'apporter des correctifs le cas échéant.

4.4.3 Affaissement ou étalement

L'article 4.4.3 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

4.4.3.1 Fréquence et nombre d'essais

L'affaissement du béton doit être vérifié à tous les chargements, tel qu'indiqué au tableau 8. Lorsqu'il n'est pas possible de le faire à cause d'un taux de bétonnage trop élevé, la fréquence minimale doit être la suivante :

À chaque coulée, l'affaissement du béton doit être vérifié sur les deux premiers chargements et si le béton est conforme aux exigences, une vérification est alors effectuée à tous les trois chargements. Lorsqu'un chargement est jugé non conforme, le chargement suivant est vérifié et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il y ait deux chargements consécutifs qui soient conformes.

Lorsque le résultat de l'essai est plus bas que la limite inférieure spécifiée, le béton est acceptable si les méthodes de mise en place et de consolidation le permettent. Cette fréquence doit être augmentée s'il y a manque d'uniformité ou en cas de doute quant à la conformité.

À chaque échantillon de béton prélevé pour les essais de résistance mécanique, un essai d'affaissement lors du moulage des éprouvettes doit aussi être réalisé. Les chargements de béton dont l'affaissement n'est pas conforme aux limites spécifiées doivent être rejetés.

4.4.3.2 Méthode d'essai

Les essais doivent être effectués conformément à la méthode d'essai CSA A23.2-5C.

4.4.4 Teneur en air du béton

4.4.4.1 Teneur en air du béton plastique

L'article 4.4.4.1 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas sauf les notes 1 et 2.

4.4.4.1.1 Fréquence et nombre d'essais

Pour les ouvrages soumis aux sels déglaçants, la teneur en air du béton doit être vérifiée à tous les chargements. Pour les autres types d'ouvrages, lorsqu'il n'est pas possible de le faire à tous les changements à cause d'un taux de bétonnage trop élevé, la fréquence minimale indiquée ci après doit être respectée.

Pour chaque coulée, la teneur en air du béton doit être vérifiée sur les deux premiers chargements et si le béton est conforme aux exigences, une vérification est alors effectuée à tous les trois chargements. Lorsqu'un chargement est jugé non conforme, le chargement suivant est vérifié et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il y ait deux chargements consécutifs qui soient conformes.

Cette fréquence doit être augmentée s'il y a manque d'uniformité ou en cas de doute quant à la conformité. À chaque échantillon de béton prélevé pour les essais de résistance mécanique, un essai de teneur en air lors du moulage des éprouvettes doit aussi être réalisé. Les chargements dont la teneur en air n'est pas conforme aux limites spécifiées doivent être rejetés.

4.4.4.1.2 Méthode d'essai

La teneur en air doit être déterminée conformément à la méthode d'essai CSA A23.2-4C. La méthode d'essai CSA A23.2-7C peut être utilisée pour fins de comparaison avec la première méthode.

Tableau 8 – Fréquence d'essais sur le béton

Matériau	Essai	Fréquence	Lieu et besoin
Béton conventionnel coulé en place	Affaissement	Continuellement	À la réception au chantier
	Air entraîné, béton plastique	Continuellement	À la réception au chantier
	Air entraîné, béton durci	2 fois / année pour les classes de béton A-2, B-2 et les classes les plus utilisées soumises aux intempéries (cycles de gel-dégel)	Béton prélevé à la réception au chantier
	Température	Continuellement	À la réception au chantier
	Résistance à la compression sur cylindres de 150 x 300 mm	1 échantillon minimum par Quart ⁽¹⁾ , par 100 m ³ , par coulée, par type d'élément et par classe Béton avec ciment LH-HQ (20M) : 2 cyl. à 3, 7, 28, et 91 jours.	Béton prélevé à la réception au chantier Autres, selon les besoins structuraux, de chantier, etc.
	Teneur en ions chlorures dans le béton	1 essai par classe de béton exposé aux intempéries et pour chaque formule si les dosages ne contiennent pas les mêmes adjuvants.	Béton prélevé à la réception au chantier
	Masse volumique du béton frais	Minimum: 1 échantillon par 500 m ³ , par type d'élément et par dosage	À la réception au chantier
Béton préensaché	Résistance en compression sur cylindres de 100 x 200 mm facultatif	1 échantillon minimum par Quart ⁽¹⁾ , par m ³ , par type d'élément	Au chantier
Béton projeté	Résistance à la compression	1 échantillon par Quart, par dosage, par type d'élément et par opérateur	Au chantier
Coulis d'injection stable et coulis préensaché ⁽²⁾	Résistance à la compression sur cubes de 50 mm de côté.	Par Quart, par type d'élément et par dosage (3 cubes) Ciment type LH-HQ (20M) : 7, 28 et 91 jrs Autres types ciments : 3, 7 et 28 jrs	Autres, selon les besoins structuraux, de chantier, etc.
	Fluidité et température	En continu ou minimum d'un essai à toutes les 3 gâchées	Au chantier Coulis d'injection stable; essais d'écoulement avec cône Marsh (4,76 mm de diamètre)
	Gonflement et ressuage	Par Quart, séquence d'injection et type d'élément	Au chantier Coulis d'injection stable avec un ressuage < 2%
Mortier, mortier préensaché pour ancrages ou autres	Résistance à la compression sur cubes de 50 mm de côté	Par Quart et par dosage (3 cubes à chaque âge) Ciment type LH-HQ (20M): 7, 28 et 91 jrs Autres types ciments : 3, 7 et 28 jrs	Autres, selon les besoins structuraux, de chantier, etc.

⁽¹⁾ Quart : Période de 10 heures (quart de nuit/quart de jour).

⁽²⁾ Coulis utilisé entre autres pour le remplissage des vides entre le roc et le béton ainsi que pour l'injection de collage et le scellement des boulons d'ancrage. Ces coulis stables doivent être fabriqués au moyen d'un malaxeur de type colloïdal.

4.4.4.2 Teneur en air du béton durci

L'article 4.4.4.2 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent.

4.4.5 Température du béton plastique

L'article 4.4.5 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les précisions qui suivent.

Pour chaque coulée, la température doit être vérifiée sur les deux premiers chargements et si le béton est conforme aux exigences, une vérification est alors effectuée à tous les trois chargements. Lorsqu'un chargement est jugé non conforme, le chargement suivant est vérifié et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il y ait deux chargements consécutifs qui soient conformes. Cette fréquence doit être augmentée s'il y a manque d'uniformité ou en cas de doute quant à la conformité. Les chargements dont la température est non conforme doivent être rejetés.

4.4.6 Résistance à la compression

Les exigences de l'article 4.4.6 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les changements qui suivent.

4.4.6.1 Généralités

L'article 4.4.6.1.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

L'article 4.4.6.1.2 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas (référence au tableau 8 de ce devis).

4.4.6.2 Résistance in situ

L'article 4.4.6.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

4.4.6.3 Fréquence et nombre d'essais pour le béton, mortier et coulis

L'article 4.4.6.3 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

La fréquence minimale d'essais sur le béton à l'état plastique et à l'état durci est établie au tableau 8. Cette fréquence d'essais peut être augmentée et Hydro-Québec peut exiger d'autres types d'essais.

4.4.6.4 Essais de résistance normalisés, accélérés et in situ

L'article 4.4.6.4 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les exigences qui suivent.

L'essai de résistance normale doit être utilisé pour la vérification du béton. Deux cylindres de 150 par 300 mm doivent être brisés pour chaque âge, soit à 3, 7, 28 et 91 jours dans le cas du ciment type LH-HQ (20M). Hydro-Québec peut décider de demander des essais à un autre âge.

Hydro-Québec peut demander en plus, l'essai de résistance accélérée mais celui-ci ne peut remplacer l'essai normalisé.

4.4.6.5 Méthodes d'essai normalisées

L'article 4.4.6.5 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

4.4.6.6 Exigences visant la résistance à la compression

L'article 4.4.6.6 de la norme CSA A23.1-09 et ses notes s'appliquent. Dans le cas du ciment type LH-HQ (20M), l'échéance de la résistance spécifiée est 91 jours. Dans le cas des autres types de ciment, l'échéance de la résistance spécifiée est 28 jours.

4.4.6.7 Non-conformité aux exigences des résultats d'essais sur cylindres soumis à une cure normalisée

L'article 4.4.6.7 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

4.4.7 Masse volumique

L'article 4.4.7 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

4.4.8 Résistance à la flexion

L'article 4.4.8 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

4.4.9 Résistance à la traction par écrasement latéral

L'article 4.4.9 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

4.4.10 Écaillage dû au sel

Si l'essai de résistance à l'écaillage est spécifié par Hydro-Québec la norme d'essai à utiliser est NQ 2621-900, article 7.6, Appendice B.

4.4.11 Inspection et essais de l'armature de fibres

L'article 4.4.11 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

4.4.12 Perméabilité aux ions chlorure

Si l'essai aux ions chlorure est spécifié, l'article 4.4.12 de la CSA A23.1-09 s'applique avec la note qui devient normative dans le présent document.

5. Fabrication et livraison**5.1 Stockage des matériaux**

L'article 5.1 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les changements qui suivent.

5.1.1 Généralités

L'article 5.1.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

5.1.2 Ciment et ajouts cimentaires

5.1.2.1

L'article 5.1.2.1 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Le ciment doit être entreposé par fournisseur et par type, à l'abri des intempéries et de l'humidité, afin de prévenir tout mélange, toute contamination ou toute détérioration.

Le ciment livré en vrac doit être entreposé en silo. Les silos doivent être conçus de façon à permettre un écoulement facile et complet vers le point de vidange.

Les parois verticales des silos doivent être inspectées tous les six mois. Des jets d'air à basse pression (20-27 kPa) doivent être installés à la base des silos pour favoriser l'écoulement. Le système d'alimentation d'air doit être muni d'accessoires permettant d'enlever tout contaminant dans l'air tel que l'huile et l'eau. Tous les silos et la benne-balance doivent être munis d'une valve facilement accessible, permettant l'échantillonnage du ciment ou des ajouts cimentaires. L'échantillonnage doit pouvoir être effectué à tout moment sans compromettre la fabrication du béton à l'usine.

5.1.2.1

L'article 5.1.2.2 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Le ciment ayant subi une hydratation partielle (cette hydratation est caractérisée par la présence de mottes durcies), doit être rejeté. Si le ciment est rejeté, le silo doit être vidé et nettoyé.

Lors des périodes prolongées d'arrêt de production de béton, les silos à ciment doivent être conservés pleins afin d'éviter l'hydratation due au phénomène de condensation.

5.1.3 Granulats

L'article 5.1.3 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

5.1.3.1 Généralités

Les granulats doivent être empilés selon leur nature et selon leur classe granulométrique de façon à éviter tout mélange, souillure et ségrégation. L'eau doit pouvoir se drainer facilement des piles.

Les méthodes de manutention utilisées doivent prévenir la détérioration, la ségrégation, la contamination ou la cassure des granulats. Chaque classe de granulats doit être empilée séparément. Ces classes de granulats sont 80-40 mm, 40-20 mm, 20-10 mm, 10-5 mm, le sable à béton, le sable à coulis et autres.

5.1.3.2 Piles de réserve

À l'usine de concassage, la hauteur du cône d'accumulation ne doit pas dépasser 6 m.

Les granulats doivent être étendus en couches uniformes de 0,6 à 1,2 m d'épaisseur au moyen d'un véhicule monté sur roues pneumatiques. Chaque couche doit être en retrait de la couche précédente d'au moins un mètre. Si une « échelle à pierre » est utilisée, il n'est pas nécessaire d'étendre les granulats.

5.1.3.3 Propreté des piles de réserve

Le sol sous les piles de réserve doit être nivelé et libre de matières organiques et d'argile et recouvert d'une couche de 300 mm d'épaisseur de matériaux granulaires de la même classe que les granulats concernés. Cette couche de fond est considérée comme un volume perdu et contaminé. Des drains appropriés doivent être installés avant le début de stockage.

Aucun véhicule pouvant souiller les matériaux avec de l'huile ou de la boue ne doit être en opération sur les piles.

Les couches sur lesquelles il y a eu circulation de véhicules et qui présentent de la contamination doivent être enlevées avant d'y ajouter d'autres granulats.

Il est interdit de mettre en pile des granulats qui ne proviennent pas directement des installations de tamisage et de concassage.

5.1.4 Adjuvants

L'article 5.1.4 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Les adjuvants doivent être entreposés selon les recommandations du manufacturier et de façon à éviter le gel, la contamination et la détérioration, à l'intérieur de la centrale de dosage et la température ambiante doit être supérieure à 5 °C à moins qu'une température plus élevée soit recommandée par le manufacturier.

Le stock d'adjuvants de l'Entrepreneur doit être suffisant pour répondre au programme des travaux.

Le contenu des réservoirs de stockage doit être clairement indiqué. Les installations de stockage doivent également être pourvues de moyens de ventilation, de tamisage et pouvoir être drainées, rincées et nettoyées.

5.2 Fabrication du béton

5.2.1 Mesure des constituants

L'article 5.2.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les exigences qui suivent.

5.2.1.1 Généralités

L'article 5.2.1.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

5.2.1.2 Béton

L'article 5.2.1.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique

5.2.1.3 Ciment

L'article 5.2.1.3 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

5.2.1.4 Ajouts cimentaires

L'article 5.2.1.4 de la norme CSA A23.1-09 relatif aux ajouts cimentaires s'applique si l'utilisation de ceux-ci est autorisée par Hydro-Québec.

5.2.1.5 Granulats

L'article 5.2.1.5 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec l'exigence suivante.

Les masses des gâchées doivent être basées sur la masse requise de granulats saturés et secs en surface et corrigées pour tenir compte de la teneur en eau superficielle de chacun des calibres de granulats au moment du dosage. Le système informatisé doit permettre de saisir la teneur en eau superficielle de chacun des calibres de granulats.

5.2.1.6 Eau de gâchage

L'article 5.2.1.6 de la norme CSA A23.1-09 incluant la note s'appliquent avec la précision qui suit.

L'eau et la glace doivent être mesurées par masse dans des bennes balances distinctes.

5.2.1.7 Adjuvants

L'article 5.2.1.7 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

5.2.1.8 Autres méthodes de dosage

L'article 5.2.1.8 de la norme CSA A23.1-09 relatif aux autres méthodes de dosage s'applique avec les exigences qui suivent.

Des méthodes de dosage autres que celles prescrites dans ce devis ou dans la norme CSA A23.1-09 ne peuvent être utilisées à moins qu'elles ne soient spécifiquement acceptées par Hydro-Québec.

Les équipements de dosage volumétrique et de malaxage en continu (bétonnière mobile) ne sont pas permis à moins d'une autorisation spéciale d'Hydro-Québec. Pour obtenir cette autorisation, l'Entrepreneur doit démontrer qu'il n'est pas possible d'effectuer les travaux de bétonnage avec des équipements de dosage et de malaxage conventionnels.

Lorsque Hydro-Québec autorise le dosage volumétrique et le malaxage en continu (bétonnière mobile), la norme ASTM C685/C685M 01 "Standard Specification for Concrete made by Volumetric Batching and Continuous Mixing" s'applique avec les exigences qui suivent.

Le fabricant utilisant une bétonnière mobile doit détenir un certificat de conformité délivré par le BNQ conformément au protocole de certification NQ 2621-905 « Béton de ciment de masse volumique normale et constituants – Protocole de certification ».

L'Entrepreneur et le fournisseur doivent présenter tous les certificats et informations requis à l'article 4.1.2 de ce devis et à la satisfaction d'Hydro-Québec.

L'Équipement de dosage doit être calibré pour tous les constituants immédiatement avant le début des travaux et par la suite à une fréquence minimale d'une fois par mois. S'il y a des doutes quant à la conformité du béton fabriqué avec ce type d'équipement, des calibrages additionnels doivent être effectués. À la fin de chaque journée de production le calibrage du ciment doit être revérifié.

L'eau et les adjuvants liquides doivent être mesurés au moyen d'un débitmètre calibré.

La fréquence d'échantillonnage du béton pour les essais de résistance à la compression doit aussi être conforme à l'article 11 de la norme ASTM C685/C685M 01. De plus, des essais de lavage sur le béton doivent être effectués une fois par jour conformément à l'article 7.5 de la norme ASTM C685/C685M 01.

Tous les calibrages et essais doivent être effectués par l'Entrepreneur et présentés à Hydro-Québec.

5.2.1.9 Armature de fibres

L'article 5.2.1.9 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

5.2.2 Centrale de dosage

L'article 5.2.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

Les balances et autres instruments de mesure servant à peser les constituants du béton doivent avoir une précision de $\pm 0,4$ % de la charge mesurée au moment de l'essai de chargement statique sur toute la plage d'utilisation ou d'une graduation, selon la valeur la plus élevée.

Les graduations sur le cadran de la balance ou sur le lecteur digital doivent être égales ou inférieures à 0,1 % de la capacité totale de la balance.

Cette vérification à l'aide de masses statiques doit être effectuée sur toute la plage d'utilisation au moins une fois tous les quatre mois. L'Entrepreneur doit avoir à sa disposition un minimum de 10 000 kg en masses comprenant 500 masses de 20 kg ou l'équivalent, afin d'effectuer les vérifications.

Avant le début des travaux, la centrale de dosage et le personnel doivent être accrédités selon la norme NQ 2621 905 « Béton de ciment de masse volumique normale et constituants – Protocole de certification » lorsque le béton est fabriqué dans une usine hors chantier ou lorsque l'usine n'est pas exclusive au chantier.

La centrale de dosage doit être munie d'un système informatisé et de gestion des dosages permettant d'obtenir la quantité et le volume de tous les ingrédients utilisés pour la fabrication des diverses classes de béton. Ce système doit permettre d'ajuster l'alimentation des constituants de façon à rencontrer les exigences du présent devis et de la norme CSA A23.1-09. Le système doit permettre de fournir pour chaque gâchée de béton un enregistrement officiel (bavard) des masses de chacun des constituants entrant dans la composition du béton. Ces enregistrements doivent être transmis à Hydro-Québec.

5.2.3 Malaxage

L'article 5.2.3 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les exigences qui suivent.

Les malaxeurs doivent être des malaxeurs stationnaires à moins d'indications contraires d'Hydro-Québec.

Les malaxeurs mécaniques à pales tournantes ou fixes doivent être gardés libres de béton durci. Les pales dont la largeur a diminué de 10 % par usure doivent être remplacées.

Le volume minimal d'une gâchée doit être égal ou supérieur à 2,0 m³ pour la première gâchée et à 1,0 m³ pour les suivantes.

Le temps de malaxage doit être établi selon l'article 5.2.3.4 de la norme CSA A23.1-09 et sur la base d'essais d'uniformité réalisés selon l'article 5.2.3.5 de la norme CSA A23.1-09. Les exigences du tableau 13 de la norme CSA A23.1-09 s'appliquent.

Le temps de malaxage doit être fixé, accepté par Hydro-Québec et être réglé par une minuterie incorporée par le manufacturier du malaxeur. Il n'est pas permis de changer ce temps de malaxage.

Une charge dont l'affaissement est plus bas que la limite inférieure spécifiée à cause d'un malaxage trop prolongé doit être rejetée.

Le béton fabriqué à la centrale de dosage doit être livré le plus tôt possible et ne peut être entreposé dans des bennes de réserve à moins que cette benne ne soit munie d'un système d'agitation.

5.2.3.1.4

L'article 5.2.3.1.4 s'applique avec les changements qui suivent :

Les compteurs d'eau doivent être munis de connexions amovibles et montés sur tubulure de 20 ou 25 mm. La précision du compteur doit être égale ou inférieure à plus ou moins 2 %. Les compteurs d'eau de type « Measure Rite Truck Meter » fabriqués par la compagnie BadgerMeter inc. ou équivalent utilisés doivent être vérifiés avant les travaux afin de s'assurer qu'ils possèdent l'exactitude requise.

5.2.4 Livraison

L'article 5.2.4 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

5.2.4.1 Béton malaxé sur chantier

L'article 5.2.4.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

5.2.4.2 Béton malaxé hors chantier

L'article 5.2.4.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les restrictions qui suivent.

Tout le béton doit être livré au chantier par camion agitateur ou camion malaxeur. La livraison de béton par matériel non agitateur doit être préalablement acceptée par Hydro-Québec et respecter les exigences de l'article 5.2.4.2.2 de la norme CSA A23.1-09.

5.2.4.3 Contrôle de l'affaissement et de la teneur en air

L'article 5.2.4.3 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les changements qui suivent.

L'affaissement du béton peut être ajusté au début du déchargement s'il est inférieur à celui spécifié et s'il ne s'est pas écoulé plus de 60 minutes depuis le dosage et avec l'autorisation d'Hydro-Québec.

La quantité d'eau ajoutée ne doit pas dépasser 12 litres/m³ ou 8 % de l'eau de gâchage prescrite et cet ajout d'eau doit être accepté et effectué sous la surveillance d'Hydro-Québec.

En aucun moment le temps écoulé entre le dosage et le déchargement du béton ne doit dépasser 120 minutes.

Si le délai depuis le dosage dépasse 90 minutes, la teneur en air du béton doit être revérifiée.

5.2.4.4 Contrôle de la température

L'article 5.2.4.4 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

5.2.4.4.1

Le béton livré au chantier doit être conforme aux exigences de température du tableau 11 de ce devis.

5.2.4.4.2

L'article 5.2.4.4.2 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les exigences qui suivent.

Afin de rencontrer les limites de température du béton plastique, l'Entrepreneur doit contrôler la température des constituants du béton avant de les mélanger.

Des thermomètres à cadran ou à affichage numérique continu doivent être installés à la vue de l'opérateur de façon à faciliter le contrôle de la température de l'eau, des granulats, du ciment et du béton.

Concernant le refroidissement des constituants du béton de masse, on doit se conformer aux méthodes de la recommandation ACI 207.4R 93 "Cooling and Insulating Systems for Mass Concrete".

5.2.4.4.1 Fabrication et transport du béton par temps froid

Par temps froid, le malaxeur stationnaire doit être situé à l'intérieur d'un abri charpenté chauffé à une température supérieure à 5°C.

En aucun cas, il n'est permis d'utiliser des granulats recouverts de glace.

Le système de chauffage des granulats et de l'eau doit être accepté par Hydro Québec.

Ce système doit permettre de chauffer les granulats à une température supérieure à 0 °C et de façon qu'il n'y ait pas de mottes gelées à l'arrivée aux bennes balances.

Le système d'alimentation de l'eau doit être muni de valves permettant d'utiliser seulement de l'eau froide ou seulement de l'eau chaude (80 °C maximum) ou un mélange des deux selon les besoins.

Le système de contrôle de ces valves doit être situé à l'intérieur de la salle commande.

Le tambour ou la benne des camions transportant le béton doit être isolé suffisamment afin de limiter la baisse de la température du béton.

Par temps froid, il peut être nécessaire de fabriquer le béton à une température légèrement plus élevée que la limite minimale spécifiée au tableau 11 afin de compenser la baisse de température due au refroidissement du béton pendant le transport.

5.2.4.4.2 Fabrication et transport du béton par temps chaud

Par temps chaud, il peut être nécessaire de fabriquer le béton à une température légèrement plus basse que la limite maximale spécifiée au tableau 11 pour compenser la hausse de température due au réchauffement du béton pendant le transport.

5.2.4.5 Bordereaux de livraison

L'article 5.2.4.5 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Avant de décharger le béton, l'Entrepreneur doit présenter au représentant d'Hydro-Québec un bordereau de livraison sur lequel doivent être indiquées les informations suivantes :

- a) la raison sociale du fabricant de béton avec l'identification de la centrale de dosage (chantier et numéro);
- b) la date et le numéro d'identification du bordereau;
- c) le nom de l'Entrepreneur où le béton doit être livré;
- d) la désignation de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage;
- e) la classe de béton et la désignation;
- f) le numéro de la formule de dosage comprenant les quantités de ciment, d'eau, du gros granulat, du granulat fin et d'adjuvant réellement incorporées au mélange ;
- g) les adjuvants utilisés;
- h) les limites de température spécifiées pour le béton plastique, c'est-à-dire la plage de température admissible au site de mise en œuvre;
- i) les limites de teneur en air;
- j) les limites d'affaissement ;
- k) la quantité de béton en mètres cubes;
- l) le numéro du camion, le total cumulé pour cette coulée ou le numéro de chargement ou les trois;
- m) l'heure du chargement ou du début du malaxage des constituants;
- n) l'heure d'arrivée de la charge au chantier;
- o) l'heure du début du déchargement;
- p) l'heure de la fin du déchargement;
- q) la quantité d'eau ajoutée après le dosage et la signature du représentant d'Hydro-Québec qui a autorisé cet ajout.

6. Coffrages, armatures et précontrainte

6.1 Armatures

L'article 6.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

À moins d'indication contraire au devis ou sur les dessins, la nuance d'acier d'armature doit être de nuance 400 R conformément à la norme CSA-G30.18 M92 (2009).

Hydro-Québec ne permet pas l'utilisation de treillis d'acier à mailles soudées comme armature d'étriers.

Les barres d'armature doivent provenir d'une aciérie **canadienne** qui détient un certificat d'enregistrement conforme à la norme ISO 9001 : 2008 « Systèmes de management de la qualité ». L'entrepreneur doit fournir au surveillant, au moins 2 semaines avant la livraison des barres au chantier ou à l'usine de fabrication, le nom de l'aciérie qui a fabriqué l'armature. Pour chaque livraison de jonctions mécaniques, l'entrepreneur doit fournir au surveillant une attestation de conformité contenant les résultats d'essai à la traction pour chaque lot de production.

6.1.1 Acier d'armature

L'article 6.1.1 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes et les recommandations du manuel de normes recommandées de l'Institut d'Acier d'Armature du Canada - 2006 s'appliquent avec les autres exigences qui suivent.

6.1.2 Essai de pliage

L'article 6.1.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

6.1.3 Armature spéciale

L'article 6.1.3 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

6.1.4 Acier de précontrainte

L'article 6.1.4 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les autres exigences qui suivent.

L'acier des barres de précontrainte «Deformed Prestressing Bar» doit être de nuance minimale 1035 MPa et être conforme aux spécifications de la norme ASTM A722/A722M-98 (2003).

L'acier de précontrainte de nuance 1600 MPa et plus doit être à très basse relaxation, tels les torons et fils stabilisés et conformes aux normes CSA G279 M1982 (R1998), ASTM A421/A421M-02 et ASTM A416/A416M-02

6.1.5 État de la surface de l'armature

L'article 6.1.5 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

6.1.6 Enduit protecteur

L'article 6.1.6 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas, car Hydro-Québec ne permet pas l'utilisation d'enduit protecteur sur les barres d'acier d'armature à moins d'indication contraire au devis technique.

6.1.7 Inspection et essais par Hydro-Québec

Les matériaux et les méthodes de fabrication sont sujets à l'inspection d'Hydro-Québec qui doit pouvoir visiter en tout temps les lieux de fabrication des barres d'acier d'armature.

Hydro-Québec pourra réaliser, à sa discrétion, des essais sur des échantillons prélevés au hasard à l'usine ou sur le chantier, afin de faire des analyses chimiques et des essais mécaniques ou physiques, selon les méthodes décrites dans les normes applicables. L'Entrepreneur doit fournir, à ses frais, tous les échantillons demandés par Hydro-Québec.

6.1.8 Rejet

Tous les matériaux non conformes doivent être rejetés.

6.1.9 Système d'identification des barres, dessins de mise en place et bordereaux

Pour le système d'identification des barres droites et pliées se référer à l'Annexe A de ce devis.

L'Entrepreneur doit présenter à Hydro-Québec pour acceptation, les dessins de mise en place de l'armature ainsi que les bordereaux de quantités conformément aux dessins normalisés Hydro-Québec suivants :

- a) Bordereaux des quantités pour l'acier d'armature N400-40390-002-01-D-FE-3 et N400-40390-106;
- b) Guide de pliage et d'identification par l'acier d'armature N400 40390 001-01-F-PE-1.

Ces dessins normalisés sont présentés à l'Annexe A de ce devis.

6.2 Ferrures et matériaux divers

L'article 6.2 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent.

6.3 Stockage de l'armature

L'article 6.3 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent.

6.4 Tolérances de construction du béton coulé en place

L'article 6.4 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

6.4.1 Généralités

6.4.1.1

Sauf indication contraire aux devis techniques, les tolérances des ouvrages en béton, à la fin des travaux, doivent être conformes aux exigences de cet article. L'Entrepreneur est responsable de la conception, de l'exécution et du maintien des coffrages à l'intérieur des limites requises afin que l'ouvrage, une fois terminé, respecte les tolérances spécifiées.

Tout ouvrage de béton ne rencontrant pas les tolérances spécifiées doit être corrigé, enlevé ou remplacé aux frais de l'Entrepreneur.

6.4.1.2

La spécification normalisée SN-26.3 Tolérances – Principes et définitions (Ouvrages civils et mécaniques) donne les définitions et les principes relatifs aux tolérances.

6.4.2 Tolérances générales**6.4.2.1 Dimensions et tolérances générales du réseau de points d'arpentage**

Les tolérances applicables sont :

Planimétrie ± 2 mm

Altimétrie ± 2 mm

6.4.2.2 Tolérances générales de dimension par rapport à un système d'axes**6.4.2.2.1 Dimension ou position**

Pour une dimension égale ou inférieure à 3 m, l'écart admissible est de ± 3 mm.

Pour une dimension supérieure à 3 m, l'écart admissible est de 0,1 % de la dimension sans dépasser ± 30 mm.

6.4.2.2.2 Élévation

La tolérance applicable pour l'élévation est de ± 6 mm.

6.4.2.3 Tolérances générales d'orientation**6.4.2.3.1 Parallélisme ou déviation par rapport à un profil théorique**

1:500 maximum sans dépasser 30 mm

6.4.2.3.2 Perpendicularité

1:500 maximum sans dépasser 30 mm

6.4.2.3.3 Horizontalité

1:500 maximum sans dépasser 12 mm

6.4.2.3.4 Verticalité

1:500 maximum sans dépasser 30 mm

6.4.2.4 Tolérances générales de forme**6.4.2.4.1 Rectitude et planéité**

La tolérance applicable pour la planéité (ou ondulation) des surfaces des passages hydrauliques vérifiées par la méthode du bris de pente est de 1:25.

6.4.2.5

Les tolérances générales pour la pose de l'armature doivent être celles prescrites à l'article 6.6.8. de la norme CSA A23.1-09.

6.4.2.6

Les tolérances générales pour la fabrication de l'armature doivent être conformes aux dessins normalisés à l'Annexe A de ce devis.

6.4.2.7

Les tolérances générales pour la pose des ferrures et pièces noyées diverses, autres que les pièces encastrées des équipements dont les tolérances sont spécifiées aux devis techniques, doivent être celles prescrites à l'article 6.7.3. de la norme CSA A23.1-09.

6.4.3 Tolérances particulières**6.4.3.1 Fini des surfaces de béton coffrées****Tableau 9 – Fini des surfaces de béton coffrées**

Fini de surface coffrée	Tolérance de planéité	Tolérances de raccordement
F1	30 mm	30 mm
F2	12 mm	8 mm
F3	5 mm	3 mm
F4	5 mm (parallèle au courant) 3 mm (non parallèle au courant)	5 mm 3 mm

Ces surfaces sont vérifiées avec la méthode de la règle droite de 1,5 m ou du gabarit de 1,5 m pour les surfaces courbes.

6.4.3.2 Planéité des surfaces de béton non coffrées**Tableau 10 – Planéité des surfaces de béton non coffrées**

Fini de surface non coffrée	Tolérance de planéité	Tolérances de raccordement
U1	20 mm	5 mm
U2	5 mm	0 mm
U3	5 mm (parallèle au courant) 3 mm (non parallèle au courant)	0 mm 0 mm

Ces surfaces sont vérifiées avec la méthode de la règle droite de 3,0 m ou du gabarit de 3,0 m pour les surfaces courbes.

6.4.4 Vérifications

Une vérification comprend tous les contrôles qui doivent être exécutés afin de déterminer si les tolérances établies sont respectées.

Les vérifications doivent être effectuées après le décoffrage par l'Entrepreneur et les résultats de celles-ci doivent être remis à Hydro-Québec.

Hydro-Québec se réserve le droit d'effectuer ses propres vérifications et de les comparer à celles obtenues par l'Entrepreneur.

6.4.5 Instruments de mesure et conditions de mesurage

L'article C-1.4 de l'appendice C de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

6.5 Coffrages

L'article 6.5 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les exigences qui suivent.

6.5.1 Généralités

L'article 6.5.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

6.5.2 Dessins de coulée et des coffrages

L'article 6.5.2 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

6.5.2.1 Dessins de coulée

Les dessins de coulée doivent indiquer les éléments suivants:

- a) les joints de construction;
- b) la classe de béton;
- c) le fini des surfaces coffrées ou non et le traitement des surfaces;
- d) le type, le détail de cheminement, de mise en place et de protection des lames d'étanchéité;
- e) les pièces à encastrer: les pièces métalliques diverses, les manchons, les conduits de mécanique auxiliaire, d'électricité, d'instrumentation, les ancrages de l'appareillage mécanique, les pièces fournies par Hydro-Québec.

6.5.2.2 Dessins des coffrages

6.5.2.2.1

Les dessins et le calcul de la résistance et de la rigidité des coffrages doivent tenir compte de tous les éléments indiqués ci-après :

- a) masse volumique du béton plastique;
- b) taux, ordre et méthode de bétonnage;
- c) affaissement du béton;
- d) type de ciment;
- e) adjuvants du béton;
- f) température du béton;
- g) spécification des matériaux des coffrages;
- h) flèche maximale des éléments ou des panneaux;
- i) masse des éléments de coffrage devant être mis en place;

- j) emplacements et détails des joints de construction proposés;
- k) cambrure.

6.5.2.2.2

Les sections courbes des coffrages du passage hydraulique ne peuvent pas être réalisées à l'aide de segments droits. Pour la géométrie du passage hydraulique, l'Entrepreneur doit respecter les dimensions indiquées sur les dessins fournis par Hydro-Québec. L'Entrepreneur doit convertir le profil montré par des segments droits pour établir des surfaces courbes. Avant de débiter les dessins des coffrages l'Entrepreneur doit obtenir ou s'assurer auprès d'Hydro-Québec qu'il utilise la dernière révision des dessins des géométries.

6.5.2.2.3

Si requis, la cambrure est déterminée et illustrée sur les dessins de construction d'Hydro-Québec. Une courbure ou une correction plus accentuée dans le coffrage peut compenser la flèche prévue du coffrage au moment du bétonnage. Ces corrections supplémentaires doivent être déterminées par l'Entrepreneur et ajoutées à la cambrure prescrite par Hydro-Québec.

6.5.2.2.4

Les dessins de coffrage pour les surfaces de béton apparentes doivent indiquer le matériau constituant la surface du panneau, l'emplacement des joints, les dimensions et supports des panneaux, ainsi que les types et l'emplacement des ligatures.

6.5.2.3 Notes de calculs

Les notes de calcul doivent démontrer que les coffrages possèdent la résistance et la rigidité requises pour rencontrer les tolérances de construction.

6.5.2.4 Approbation

Les dessins de coulée ainsi que les dessins des coffrages doivent être soumis à l'approbation d'Hydro-Québec. L'Entrepreneur doit également soumettre ses notes de calcul avec les dessins des coffrages. Les notes de calcul doivent être signées et les dessins de coulée et des coffrages doivent être scellés et signés par un ingénieur membre en règle de l'Ordre des ingénieurs du Québec.

6.5.3 Construction des coffrages

6.5.3.1 Généralités

L'article 6.5.3.1 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Les coffrages doivent être construits de façon à ce que l'ouvrage, une fois terminé, respecte les tolérances spécifiées à l'article 6.4.

6.5.3.1.1 Rigidité et étanchéité

Les coffrages doivent être solidement fixés en place, contreventés et supportés pour soutenir les charges auxquelles ils sont exposés tout en conservant leurs alignements et contours jusqu'à ce que le béton ait fait prise. Les coffrages doivent être étanches et ne laisser couler aucun mortier.

6.5.3.1.2 Matériaux utilisés pour les coffrages

Les matériaux pouvant être utilisés pour les coffrages sont le bois et l'acier. Le bois de coffrage doit être neuf, sain, exempt de défauts tels que nœuds lâches, caries, gauchissement ou autres imperfections. Les coins et les bords doivent être intacts et la surface doit être lisse. Il doit pouvoir être coupé et plié avec précision selon les courbures requises sans se fendre ni se gauchir et doit conserver la forme qui lui est donnée. Les planches à rainures et languettes ne sont tolérées que pour les surfaces remblayées ou immergées mais sans circulation d'eau.

Tous les coffrages pour les surfaces apparentes doivent être faits de panneaux de contre-plaqué ou d'aggloméré d'au moins 16 mm d'épaisseur. Ces panneaux doivent mesurer 2400 mm de longueur par au moins 600 mm de largeur partout où les dimensions le permettent.

Les coffrages préfabriqués, en acier ou en bois renforcé, doivent rencontrer les exigences de rigidité, d'étanchéité et de qualité de surface décrites dans ce devis.

Hydro-Québec ne permet pas l'utilisation de coffrages en bois revêtus d'acier.

6.5.3.1.3 Classification des coffrages

Les coffrages sont classifiés selon la qualité de la surface du béton exigée et selon les tolérances spécifiées à l'article 6.4.

Hydro-Québec spécifie les classes de coffrage en fonction des conditions d'exposition des surfaces. Ces classes sont données au devis et sur les dessins et elles ne peuvent pas être modifiées par l'Entrepreneur.

Les différentes classes sont définies comme suit :

- a) Classe F1 : Ce type de fini est utilisé pour façonner les surfaces qui seront remblayées et qui ne seront jamais apparentes. Les coffrages sont bâtis avec un traitement minimal des rugosités. Les matériaux pouvant être utilisés pour la classe F1 sont le bois et l'acier rencontrant les exigences de ce devis et acceptés par Hydro-Québec. L'utilisation des pièces en métal pour boucher des ouvertures de la surface des coffrages n'est pas permise.
- b) Classe F2 : Ce type de fini qui inclut les exigences du type F1, est utilisé pour façonner les surfaces apparentes à l'exception de celles décrites aux autres classes. Les coffrages doivent être faits de façon à obtenir une surface de béton uniforme de texture et d'apparence. À cette fin, l'Entrepreneur doit utiliser le même matériau pour tous les coffrages de cette classe. Seuls les coffrages tout en bois ou tout en acier sont permis. L'utilisation des pièces en métal pour boucher des ouvertures de la surface des coffrages n'est pas permise.
- c) Classe F3 : Ce type de fini qui inclut les exigences du type F2, est utilisé pour façonner les surfaces qui sont exposées à la vue du public où l'apparence est importante. À moins d'indication contraire au devis ou sur les dessins, les coffrages doivent être faits de panneaux de contre-plaqué ou d'aggloméré, par des ouvriers compétents, expérimentés, avec précision et aux dimensions exigées, de façon à obtenir une surface de béton uniforme de texture et d'apparence. À cette fin, l'Entrepreneur doit utiliser le même matériau pour tous les coffrages de cette classe et les joints entre les éléments de coffrage ou les joints de reprise doivent être exécutés de manière à ne laisser sur la surface du béton aucune trace susceptible de nuire à l'apparence. Les coffrages en acier ne sont pas permis pour cette classe de coffrage. L'utilisation des pièces en métal pour boucher des ouvertures de la surface des coffrages n'est pas permise.

d) Classe F4 : Ce type de fini est utilisé pour façonner les surfaces des passages hydrauliques où l'uniformité et la précision de l'alignement sont exigées. Les coffrages peuvent être en bois ou en acier. Les coffrages des surfaces courbes non développables doivent être faits de bois sain, exempt des nœuds et d'irrégularités, qui pourra être coupé et cambré avec précision aux profils demandés sans être fendu ou tordu. L'utilisation des pièces en métal pour boucher des ouvertures de la surface des coffrages n'est pas permise.

6.5.3.1.4 Liens et séparateurs

Les parois verticales des coffrages doivent être reliées l'une à l'autre ou à une masse solide de béton ou de roc par des tiges métalliques. L'utilisation de fils de fer tordus comme tirants et les séparateurs en bois est interdite. Les tirants ou tiges métalliques ne doivent pas traverser un joint de retrait.

Les tirants doivent être munis de cônes respectant l'enrobage spécifié de l'armature.

Les séparateurs en béton de même que les séparateurs faisant partie des attaches sont laissés dans le béton.

Les tirants doivent être disposés de façon à ne pas nuire à la mise en place du béton. Ils doivent être placés en plans verticaux, alignés et positionnés conformément aux dessins d'atelier des coffrages. Les extrémités des tirants doivent être coupées à une distance minimale de 40 mm de la surface à l'intérieur du béton, pour les surfaces de béton apparentes ou non. Quand l'aspect architectural est requis, la position des tirants montrés aux dessins doit être respectée.

6.5.3.2 Coffrages non traités

L'article 6.5.3.2 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas car Hydro-Québec ne permet pas d'utiliser des coffrages non traités.

6.5.3.3 Préparation des surfaces des coffrages : agents de décoffrage

L'article 6.5.3.3 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les exigences qui suivent.

Les niveaux des levées doivent être délimités par une moulure lorsque requis aux dessins.

Toutes les arêtes vives des surfaces apparentes ou non doivent être chanfreinées à 20 mm à moins d'indications contraires sur les dessins.

6.5.3.4 Alignement des coffrages pendant le bétonnage

L'article 6.5.3.4 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent.

6.5.3.5 Décoffrage

L'article 6.5.3.5 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Les coffrages doivent être laissés en place jusqu'à ce que le béton soit suffisamment résistant pour supporter son propre poids, les surcharges de la construction et les forces provoquées par l'enlèvement des coffrages. Toutefois, l'enlèvement des coffrages doit être autorisé par Hydro-Québec.

Le temps minimal exigé avant le décoffrage des parois verticales est de 72 heures s'il s'agit de sections minces (moins de 1,0 m) pourvu que la cure ait été réalisée conformément à l'article 7.4. S'il s'agit de sections plus épaisses, les coffrages ne peuvent pas être enlevés avant 48 heures.

Les coffrages sur supports comme les coffrages des poutres, voûtes et dalles, sont enlevés en même temps que l'étalement et doivent respecter les exigences de l'article 6.5.3.6.

6.5.3.6 Enlèvement de l'étalement

L'Entrepreneur doit s'assurer que le béton est suffisamment résistant pour supporter son propre poids et les surcharges prévues avant de procéder à l'enlèvement de l'étalement. Toutefois, l'enlèvement de l'étalement doit être autorisé par Hydro-Québec.

L'étalement d'une structure en béton armé ne doit pas être enlevé avant que le béton ait atteint 70 % de la résistance spécifiée. La résistance du béton doit être vérifiée par des essais sur des cylindres témoins mûris dans les mêmes conditions que le béton de la structure. On doit s'assurer que la température du béton dans les cylindres lors de la cure est équivalente à celle du béton dans la structure à proximité de la surface (75 mm \pm). Dans le cas où la température du béton des cylindres est supérieure à celle du béton in situ, on doit prolonger le délai proportionnellement aux conditions de maturité avant de permettre l'enlèvement des étalements. Si aucun essai n'est effectué pour déterminer la résistance à la compression du béton in situ, l'Entrepreneur doit attendre un minimum de 21 jours.

Lors de l'enlèvement de l'étalement, l'Entrepreneur doit choisir une méthode qui entraîne une application progressive des efforts dans la structure. À la fin des travaux, les matériaux d'étalement doivent être enlevés complètement.

6.6 Fabrication et pose de l'armature

6.6.1 Généralités

La fabrication et la pose de l'armature doivent respecter les exigences :

- a) de l'article 6.6 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes;
- b) du manuel de normes recommandées de l'Institut d'Acier d'Armature du Canada;
- c) des prescriptions montrées sur les dessins normalisés de l'Annexe A intitulé « Armature à béton, système d'identification des barres, dessins et bordereaux et plans de pose ».

6.6.2 Crochets et courbures

L'article 6.6.2 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Les crochets standards doivent être conformes au tableau III de l'Annexe A de ce devis.

Le diamètre de courbure mesuré à l'intérieur de la barre, pour les crochets standards et les crochets d'étriers et de ligatures doit être conforme au tableau IV de l'Annexe A de ce devis.

Hydro-Québec ne permet pas l'utilisation de treillis d'acier à mailles soudées comme étriers ou ligatures.

Les barres doivent être pliées à froid, avant leur mise en place, et les tolérances de pliage doivent être conformes au tableau II de l'Annexe A de ce devis.

Aucune barre partiellement encastrée dans le béton ne doit être pliée, à moins d'indication contraire d'Hydro-Québec.

6.6.3 Armature hélicoïdale

L'article 6.6.3 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

6.6.4 Ligatures

L'article 6.6.4 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

6.6.5 Espacement de l'armature

L'article 6.6.5 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

6.6.6 Enrobage

L'article 6.6.6 de la norme CSA A23.1-09 s'applique, excepté pour les surfaces exposées aux intempéries, aux courants d'eau, aux joints de retrait ou pour le béton coulé contre le roc où l'enrobage minimal doit être de 75 mm, sauf indications contraires sur les dessins.

Aux endroits des jointures par chevauchement, les barres d'acier d'armature doivent être positionnées de manière à assurer que chacune des barres ait l'enrobage minimal exigé.

6.6.7 Support de l'armature

L'article 6.6.7 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les exigences qui suivent.

Les barres doivent être liées entre elles pour former un treillis solide et être supportées par des appuis-barres en béton préfabriqué, en acier ou en plastique. Les dimensions des appuis-barres doivent être telles que les espacements requis entre les armatures et les coffrages soient respectés.

Toutefois, les appuis-barres au droit des surfaces apparentes, incluant les surfaces devant être submergées après la mise en eau des passages hydrauliques doivent être en béton préfabriqué. Les appuis-barres en béton préfabriqué doivent avoir une résistance à la compression de 35 MPa, avec air entraîné et exempts de chlorures. Tous les types d'appui-barres utilisés doivent être acceptés par Hydro-Québec. Des rapports d'essais ou certificats de conformité doivent être présentés et démontrer que les exigences spécifiées sont rencontrées.

Toutes les barres d'acier d'armature doivent être fixées afin de conserver leur position et d'assurer l'enrobage spécifié. Les barres verticales doivent être placées d'aplomb et celles émergeant de la coulée doivent être fixées dans leur partie supérieure.

6.6.8 Tolérances dans l'emplacement de l'armature

L'article 6.6.8 de la norme CSA A23.1-09 incluant la note s'appliquent.

6.6.9 Jointures d'armature

L'article 6.6.9 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Aucune jointure de l'armature ne doit être faite à l'exception de celles qui figurent sur les dessins ou qui sont demandées par Hydro-Québec. Les détails de conception doivent être conformes à la norme CSA A23.3-04.

Toutes les jointures des barres d'armature doivent être réalisées par chevauchement.

Toute jointure par accouplement mécanique est interdite à moins d'indication contraire d'Hydro-Québec.

6.6.10 Soudage de l'armature

L'article 6.6.10 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas car le soudage d'armature n'est pas permis.

6.6.11 Inspection

L'article 6.6.11 de la norme CSA A23.1-09 incluant la note s'appliquent avec les exigences qui suivent.

Avant la pose, les armatures doivent être exemptes d'écaille, de laminage, de rouille non adhérente, de boue, de graisse et d'autres matières qui empêchent ou diminuent l'adhérence. Toute éclaboussure de béton qui aurait séché sur les armatures doit être enlevée.

Les barres d'armature doivent être mises en place avec précision selon les tolérances indiquées à l'article 6.6.8 de la norme CSA A23.1-09, conformément aux dessins. Elles doivent être solidement fixées dans les coffrages avant la mise en place du béton, assujetties de façon à éviter leur déplacement pendant le bétonnage et attachées entre elles au point de croisement avec du fil de fer recuit ayant un diamètre minimal de 1,6 mm.

Il est interdit d'insérer des barres d'acier d'armature dans le béton pendant ou après sa mise en place.

Il est interdit de couper des barres d'armature par la méthode d'oxycoupage.

6.6.12 Dessins de mise en place de l'armature et bordereaux

6.6.12.1

Les dessins de construction fournis par Hydro-Québec indiquent la grosseur des barres d'armature ainsi que leur espacement, le tout défini par des vues, coupes et détails. L'Entrepreneur doit déterminer la longueur des barres et leur pliage.

6.6.12.2

Pour l'exécution des dessins de mise en place, l'Entrepreneur peut utiliser comme fond de plan les dessins de construction émis par Hydro Québec. Cependant, l'Entrepreneur doit apposer son propre cartouche et compléter les dessins en y ajoutant toute vue, élévation ou coupe additionnelle nécessaires.

6.6.12.3

Les dessins de mise en place doivent montrer, entre autres, la quantité, la grosseur, la longueur, la disposition, l'espacement et l'identification de tout l'acier d'armature, les supports ainsi que la position et la longueur de chevauchement des jointures et ce, pour chaque partie constituante de la structure. Les barres d'armature doivent être identifiées conformément aux codes d'identification stipulés à l'Annexe A de ce devis.

6.6.12.4

Les bordereaux des quantités d'acier d'armature doivent accompagner les dessins de mise en place et être préparés tel qu'à l'Annexe A de ce devis ou sous une forme équivalente donnant les mêmes informations. Ils doivent montrer, entre autres, les longueurs et le pliage des barres ainsi que toute autre information pertinente pour leur façonnage y incluant la masse nette.

6.6.12.5

L'Entrepreneur doit exécuter tous les dessins de mise en place des barres d'armature et leurs bordereaux, et les soumettre à Hydro-Québec pour approbation.

6.7 Fabrication et pose des ferrures et autres pièces noyées

L'article 6.7 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les exigences qui suivent.

6.7.1 Généralités

L'article 6.7.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les exigences qui suivent.

Toute pièce encastrée, avant d'être mise en place et avant le bétonnage, doit être nettoyée de manière à enlever toute rouille non adhérente, graisse, peinture, béton ou toute autre matière susceptible de nuire à l'adhérence.

Les surfaces des niches aménagées dans le béton pour installer les pièces encastrées, doivent être préparées en conformité avec l'article 7.2.2 de ce devis.

Dans le cas où les trous doivent être percés dans le béton, le perçage doit être effectué au moyen d'une foreuse rotative à pointe de carbure ou d'un appareil équivalent accepté par Hydro-Québec. Des précautions spéciales doivent être prises pour ne pas couper les armatures. De plus, ces trous doivent être nettoyés adéquatement afin d'éliminer toute poussière produite lors du forage.

6.7.2 Pose des ferrures

L'article 6.7.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

6.7.3 Tolérances de pose des boulons d'ancrage et des ferrures

L'article 6.7.3 de la norme CSA A23.1-09 s'applique à l'exception des ferrures et des ancrages des pièces encastrées des vannes, des poutrelles et des grilles à débris ou d'autres pièces noyées dans le béton dont les tolérances sont spécifiées au devis technique.

6.7.4 Soudage des ferrures

L'article 6.7.4 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent.

6.7.5 Conduits et tuyaux noyés dans le béton

L'article 6.7.5 de la norme CSA A23.1-09 s'applique. Cependant, les essais d'étanchéité doivent être faits conformément aux spécifications de tuyauterie inclus au devis technique.

6.8 Post-tension

L'article 6.8 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes et la fiche d'injection de l'annexe G de la norme CSA A23.1-09 s'appliquent.

7. Mise en place, finissage et cure du béton**7.1 Stockage des matériaux utilisés pour la mise en place, le finissage et la cure**

L'article 7.1 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent.

7.2 Mise en place**7.2.1 Généralités**

L'article 7.2.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

7.2.1.1

L'article 7.2.1.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

7.2.1.2

L'article 7.2.1.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les exigences qui suivent.

Aucun bétonnage ne doit débuter avant que l'Entrepreneur n'ait obtenu l'autorisation écrite d'Hydro-Québec.

Le personnel de l'usine à béton doit avoir reçu le document d'autorisation de bétonnage d'Hydro-Québec dûment signé avant de débuter une gâchée de béton. Le représentant du laboratoire doit également être présent avant que ne débute la fabrication.

Les points qui suivent doivent être vérifiés.

- a) la classe de béton à utiliser avec toutes les informations techniques pertinentes;
- b) le programme d'exécution du bétonnage, le matériel de mise en œuvre (quantité et description) ainsi que le taux horaire de bétonnage;
- c) la présence sur les lieux du matériel et des matériaux nécessaires à la mise en place, à la consolidation, à la finition, à la cure et à la protection du béton;
- d) l'état et la propreté des coffrages, des armatures et des pièces encastrées ainsi que la température de l'air ambiant dans les coffrages et la température du roc ou du béton durci qui sera en contact avec le béton frais;
- e) la conformité des coffrages, étaielements et échafaudages;
- f) la conformité des aciers, des lames d'étanchéité et des pièces encastrées.

7.2.2 Adhérence du béton frais au roc ou au béton durci

L'article 7.2.2 de la norme CSA A23.1-09 incluant la note s'appliquent avec les exigences qui suivent.

La première couche de béton devant être mise en place sur la surface nettoyée doit être de la classe A-3 (35-20) pour un béton de classe A (35), de la classe B-3 (30-20) pour un béton de classe B(30), de la classe BC-3 (25-20) pour un béton de classe BC(25), de la classe C-3 (20-20), pour un béton de classe C(20) et de la classe D-3 (15-20) pour un béton de classe D(15) et avoir une épaisseur de 150 mm et être vibrée fortement afin d'assurer la meilleure adhérence possible avec le roc ou la couche de béton précédente. Hydro-Québec peut aussi autoriser lorsqu'il est possible d'appliquer à la brosse sur le substrat nettoyé un coulis malaxé à l'usine et composé d'eau, de ciment et de sable (E/C égal à celui du béton) avec air entraîné conforme aux exigences des tableaux 2A et 2B. L'épaisseur de ce coulis doit être de 10 mm et être de la même classe que le béton mis en œuvre (ex. B-5 pour un béton de la classe B).

Cette couche de béton doit être mise en place en présence d'un représentant d'Hydro-Québec.

Toutes les surfaces des niches, des cavités, des rainures ou des ouvertures devant être remplies de béton doivent être complètement nettoyées et lavées avant la mise en place du béton de deuxième phase.

Les surfaces absorbantes, telles que béton durci, roc ou sols, contre lesquelles le béton est coulé doivent être maintenues humides pour une période minimale de 3 heures immédiatement avant le bétonnage.

Les produits d'adhérence sont utilisés si requis par Hydro-Québec.

L'eau en excès doit être complètement enlevée avant la mise en place de la première couche de béton ou du coulis. Cette opération doit être effectuée à l'aide d'un aspirateur, par pompage, par un jet d'air ou par une combinaison de ces méthodes de façon à souffler toute l'eau à l'extérieur et sécher superficiellement la surface de béton ou du roc. Le béton doit alors être dans un état saturé mais superficiellement sec.

7.2.3 Manutention

L'article 7.2.3 incluant la note de l'article 7.2.3.7 de la norme CSA A23.1-09 s'appliquent avec les exigences qui suivent.

Les chutes ou trompes d'éléphant doivent avoir un diamètre suffisant pour assurer que le béton puisse s'écouler librement sans qu'il soit nécessaire de vibrer le béton.

La longueur maximale pour la chute du béton dans une trompe d'éléphant est de 9 m. Lorsque cette longueur est dépassée, des trémies de réception dont la capacité dépasse le volume du tuyau d'amenée du béton doivent être utilisées.

Les convoyeurs à courroie doivent être de largeur suffisante pour éviter le débordement. Leur pente doit être choisie pour prévenir le glissement du béton à la surface de la courroie. À l'extrémité de chaque convoyeur, un racloir doit être installé et ajusté régulièrement afin d'éviter les pertes de mortier. De plus, des trompes d'éléphant ou accessoires équivalents doivent être installés à l'extrémité de chaque convoyeur afin d'éviter la ségrégation du béton.

La fourniture du mortier d'amorçage nécessaire à lubrifier les équipements de pompage doit être incluse dans la fourniture du béton. Ce mortier d'amorçage doit être conforme aux exigences des tableaux 2A et 2B et être de la même classe que le béton à mettre à œuvre (ex. B-5 pour le béton de classe B). Tout autre mortier d'amorçage est interdit par Hydro-Québec à moins d'indications contraires.

7.2.4 Déversement du béton

Les articles 7.2.4.1 à 7.2.4.9 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les changements et les exigences qui suivent.

L'article 7.2.4.4 de la norme CSA A23.1-09 est remplacé par le texte qui suit.

La mise en place du béton doit se faire en une opération continue jusqu'à ce que la totalité de la section soit bétonnée. Toutefois, lorsque le béton est placé dans une poutre, un mur ou un poteau destiné à être monolithiquement solidaire avec la dalle au-dessus, le bétonnage doit être alors arrêté pour au moins une heure et au plus deux heures afin de permettre le tassement du béton sous-jacent avant de couler la dalle supérieure ou le béton de sous face. La séquence de bétonnage peut également être établie de façon à rencontrer cet objectif de tassement. À la reprise du bétonnage, le béton doit être suffisamment plastique pour permettre un mariage adéquat entre les deux couches en présence et le béton doit être soigneusement vibré.

7.2.4.1 Épaisseur des couches

Le béton doit être placé en couches horizontales n'excédant pas 0,5 m d'épaisseur. Quand la surface à bétonner est grande, on doit procéder par plans en escalier. Chaque plan en escalier doit se trouver en retrait du plan précédent d'au moins 1 m de façon à éviter la ségrégation du béton.

7.2.4.2 Hauteur de levée

La hauteur maximale permise pour chaque levée est celle indiquée sur les dessins ou au devis technique.

La hauteur maximale de levée permise pour le béton de masse est de 2,3 m à moins d'indication contraire sur les dessins ou dans le devis technique.

Le délai entre deux levées doit être minimisé tout en demeurant à l'intérieur des limites suivantes :

- a) Délai minimum : 48 heures
- b) Délai maximum : 15 jours.

7.2.4.3 Hauteur de chute libre et distance maximale entre les trémies

La hauteur de chute libre du béton ne doit pas dépasser 1,5 m et le cas échéant, des trémies allongées de trompes d'éléphant doivent être utilisées. La distance maximale entre ces trémies doit être inférieure à 5 m.

7.2.4.4 Mise en place sur un plan incliné

Lorsque la surface devant recevoir le béton a une pente supérieure à 25 degrés avec l'horizontale, un coffrage conventionnel ou un coffrage coulissant doit être utilisé.

7.2.5 Consolidation

L'article 7.2.5 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

7.2.5.1 Généralités

L'article 7.2.5.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

7.2.5.2 Vibration

L'article 7.2.5.2 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les exigences qui suivent.

Il doit toujours y avoir sur les lieux de bétonnage au moins un vibreur supplémentaire en plus du nombre calculé selon le tableau 19 de l'article 7.2.5.2 de la norme CSA A23.1-09. En général, la distance entre les points d'insertion des vibreurs doit être d'environ 1½ fois leur rayon d'action observé, ce qui correspond à environ six fois le diamètre de l'aiguille vibrante.

Le vibreur doit pénétrer toute l'épaisseur de la couche de béton et au moins 150 mm dans la couche précédente.

Ensuite, le vibreur doit être retiré selon un plan vertical, lentement, à la vitesse de moins de 100 mm par seconde (environ 5 secondes pour une couche de 500 mm).

Les vibreurs ne doivent pas toucher les pièces encastrées ni les coffrages.

Pour éliminer les défauts (bulles d'air emprisonnées en surface) des surfaces coffrées où il y a écoulement d'eau à haute vitesse ou encore avec traitement architectural, l'épaisseur des couches doit être réduite et une plus grande attention doit être apportée à la procédure de vibration, c'est à dire utiliser une distance d'insertion réduite, un temps de vibration augmenté et une vitesse de retrait du vibreur réduite.

La fréquence de vibration des vibreurs doit être vérifiée avant le début des travaux, au moins une fois par année et lorsqu'il y a un doute sur leur efficacité.

7.2.6 Bétonnage sous l'eau

L'article 7.2.6 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les exigences qui suivent.

La perte de masse au lessivage établie selon la norme CRD-C61-89A doit être inférieure à 8 %. Pour assurer la conformité à cette exigence, le béton doit contenir un agent anti-lessivage.

Les trémies doivent être munies d'un clapet ou d'un accessoire équivalent empêchant l'eau de pénétrer dans le tuyau de la trémie.

Une éponge ou l'équivalent précédant le béton afin d'éviter son lessivage lors de son arrivée dans l'eau doit être installée dans le tuyau de la pompe à béton.

Les tuyaux de la trémie doivent pouvoir être relevés verticalement et être placés à au plus 3 m entre axes. Pour fins de mise en place du béton, il est suggéré d'utiliser un marqueur pour chaque tuyau afin de suivre adéquatement le relèvement de ceux-ci en fonction du volume et du taux de bétonnage.

Le tuyau de la trémie ou de la pompe à béton doit être appliqué au fond du pieu ou du puits au début de bétonnage.

Le bétonnage doit continuer jusqu'à ce que le béton remontant à la surface soit libéré de laitance et ait les mêmes propriétés que le béton spécifié.

7.2.7 Bétonnage des pieux tubulaires, des caissons et des puits forés

L'article 7.2.7 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements indiqués à l'article 7.2.6.

7.3 Joints

L'article 7.3 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

7.3.1 Joints de construction

L'article 7.3.1 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

Les joints de construction représentent des points d'arrêt dans la construction ou dans une coulée de béton et l'armature n'est pas interrompue et devient en attente pour la coulée suivante. Sur les dessins, ces joints sont indiqués par les lettres «**J.C.**» pour joint de construction.

7.3.1.1 Localisation

Les joints de construction ne sont permis qu'aux endroits indiqués sur les dessins ou dans le devis technique ou lorsqu'ils sont acceptés par Hydro-Québec.

Tous les joints de construction non coffrés doivent être traités selon les exigences de cet article. Les joints de construction coffrés ne doivent pas être traités à moins d'indication contraire d'Hydro-Québec.

Lorsque la prise du béton est trop avancée pour permettre le mariage de deux couches de béton selon la méthode de consolidation utilisée, il y a joint froid. Tout joint froid doit être signalé à Hydro-Québec et doit être traité selon les directives d'Hydro-Québec. Ce traitement peut consister à enlever le béton en place, à ajouter un renforcement structural ou tout autre traitement permettant de retrouver l'intégrité structurale.

7.3.1.2 Exécution

On distingue deux types de joints de construction soit ceux non coffrés et ceux coffrés. Les joints de construction non coffrés sont en général horizontaux ou inclinés avec une pente douce, généralement vers le côté amont. Le bord du joint doit être droit. Dans certains cas, il est requis d'utiliser une baguette d'arrêt pour indiquer l'élévation finale d'une levée.

Pour les joints non coffrés, immédiatement après la fin de la mise en place, la surface du béton doit être arrosée d'un retardateur de prise afin de faciliter l'opération de décapage.

L'opération de décapage consiste à enlever la laitance à la partie supérieure de la coulée et à exposer les granulats sur une profondeur de l'ordre de 5 à 10 % de la dimension nominale maximale du gros granulat de façon à obtenir une surface favorisant l'adhérence avec le béton de la couche suivante.

Le décapage est réalisé le plus tard possible afin de ne pas endommager le béton et en fonction de la méthode de décapage utilisée.

Le décapage ne doit, en aucun cas, être réalisé avant la prise finale du béton. Des essais doivent être réalisés en présence d'Hydro-Québec par l'Entrepreneur afin de déterminer le délai requis entre la fin du bétonnage et le début du décapage.

Les méthodes de décapage qui doivent être utilisées sont :

- a) jet d'air et d'eau sous une pression minimale de 0,7 MPa;
- b) jet d'abrasifs sous pression minimale de 0,7 MPa. La projection de silice est prohibée au chantier et les abrasifs utilisés doivent être conformes aux normes environnementales et de santé et sécurité au travail en vigueur.

La pression du jet d'air et d'eau ou d'abrasifs humides doit être ajustée en fonction de la dureté du béton et de l'âge du béton. En fait, pour du béton durci ayant développé la majeure partie de sa résistance et selon le type de buse, cette pression peut atteindre jusqu'à 70 MPa.

Les joints de construction coffrés sont verticaux ou inclinés avec une pente forte.

7.3.1.2.1 Préparation de surface

Pour les joints coffrés où une adhérence est requise entre le béton de première phase et de seconde phase, par exemple pour les rainures, linteaux et seuils de vannes et poutrelles ou autres endroits spécifiés aux dessins, la surface du béton de première phase doit être préparée selon une des méthodes décrites ci-après :

- c) application d'un retardateur de prise sur les coffrages préalablement au bétonnage et suite au décoffrage préparation de la surface selon les recommandations du manufacturier,
- d) application d'un jet d'abrasifs humides ou d'eau à une pression suffisante de façon à obtenir une surface rugueuse favorisant l'adhérence tel que décrit ci-avant.

La méthode de décapage doit être soumise à l'acceptation d'Hydro-Québec et doit être sujette à une démonstration de la part de l'Entrepreneur.

À la reprise du bétonnage, les exigences de l'article 7.2.2 doivent être respectées et un nettoyage final à l'aide d'une pression d'eau ou d'abrasifs de 15 MPa doit être effectué soit avant la pose des pièces encastrées ou soit avant la reprise du bétonnage.

7.3.1.3 Étanchéité des joints

Tous les joints de construction devant être étanches doivent être munis de lames d'étanchéité tel que détaillé sur les dessins. L'installation des lames doit être conforme au détail de support des lames d'étanchéité montré aux dessins de l'annexe B de ce devis.

Les lames d'étanchéité doivent être constituées d'un composé dont la résine de base est du chlorure de polyvinyle (CPV) de type non fendu ou fendu avec bulbe central conformément aux exigences de la norme ONGC 41-GP-35-M, ou de tôle d'acier galvanisé tel qu'indiqué sur les dessins. Tous les raccords en croix, en T et en L doivent être fabriqués en usine. Seuls les raccords des sections longitudinales doivent être réalisés au chantier.

L'Entrepreneur doit indiquer sur les dessins de coulée, l'implantation des lames ainsi que le type et la position des raccords.

Le bétonnage doit être exécuté de manière à empêcher toute perte de laitance au contact garniture / coffrage (étoupe ou joint d'élastomère) et empêcher le gauchissement de la garniture d'étanchéité. La moitié de la garniture qui sort à travers un coffrage doit être protégée s'il y a lieu par un support ou une planche de bois de chaque côté de manière à éviter qu'elle soit pliée ou endommagée.

Hydro-Québec doit préalablement accepter les moyens préconisés pour d'assujettir les lames d'étanchéité. Un soin particulier doit être pris lors de la mise en place des garnitures d'étanchéité de

façon à assurer que l'axe des lames coïncide avec le joint. Pour garantir une adhérence parfaite du béton aux lames d'étanchéité, et de ne pas les déplacer, le béton adjacent doit être mis en place minutieusement et être consolidé de façon à ce que le béton soit en contact intime avec les deux côtés des lames d'étanchéité.

Le béton doit être mis en place également de chaque côté des lames d'étanchéité.

L'Entrepreneur doit rédiger et soumettre à Hydro-Québec une procédure de mise en place des lames en y incluant, entre autres, la méthode de jointement des lames, les précautions à prendre pour ne pas endommager les lames en attente, la réparation des lames endommagées, partiellement ou non encastrées, ainsi que des instructions quant au bétonnage près des lames. L'Entrepreneur doit fournir tous les supports et ligatures nécessaires à la mise en place des lames d'étanchéité. Les lames d'étanchéité doivent être maintenues fermement en place par un système de supports en bois de chaque côté des lames verticales et horizontales. Ces supports et ligatures doivent être en nombre suffisant pour éviter tout déplacement des lames lors de la mise en place de béton. Il est strictement interdit d'insérer des lames d'étanchéité dans le béton pendant ou après sa mise en place.

7.3.2 Joints de contrôle de retrait

Les exigences des articles 7.3.2.1 à 7.3.2.6 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec celles qui suivent.

7.3.2.1 Joints de retrait sciés

Les joints de retrait sciés sont aussi appelés «joints de rupture» et sont exécutés principalement dans le cas de dalles non armées ou faiblement armées reposant sur le sol, le roc ou le platelage d'acier. Sur les dessins, ces joints sont indiqués sur les dessins par les lettres «**J.R.S.**» pour joint de retrait scié. Leur localisation est montrée sur les dessins ou la distance entre ceux-ci est indiquée au devis.

Les joints doivent être obturés tel que montré sur les dessins.

7.3.2.2 Joints de retrait coffrés

Les joints de retrait coffrés sont indiqués sur les dessins et désignés par les lettres « **J.R** » pour joint de retrait.

Pour des raisons de contrôle du retrait d'origine thermique ou de séchage ou les deux à la fois, ces joints servent à limiter les dimensions dans le plan horizontal et à permettre des mouvements entre deux monolithes adjacents.

L'armature est normalement interrompue ou des manchons sont présents d'un côté ou de l'autre du joint.

La localisation de ces joints est indiquée aux dessins.

Dans le cas du béton de masse, la distance maximale entre deux joints ne doit pas dépasser 15 mètres ou celle montrée sur les dessins ou mentionnée au devis technique.

Pour empêcher l'adhérence entre deux surfaces séparées d'un joint et afin de permettre le mouvement entre les deux monolithes adjacents, l'Entrepreneur doit appliquer sur toute la surface un revêtement d'asphalte conforme à la norme CAN/CGSB 37.16.

L'Entrepreneur doit respecter les recommandations du manufacturier du produit.

Les méthodes d'application et produits utilisés doivent être acceptés par Hydro-Québec.

7.3.3 Joints de dilatation et joints de désolidarisation

L'article 7.3.3 de la norme CSA A23.1-09 est remplacé par le texte qui suit.

7.3.3.1 Joints de dilatation

Les joints de dilatation avec accessoires et garnitures d'étanchéité sont détaillés et localisés sur les dessins et sont désignés par les lettres « **J.D.** ». Ces joints servent à reprendre les mouvements d'origine thermique.

7.3.3.2 Joints de désolidarisation

Les joints de désolidarisation sont détaillés et localisés sur les dessins et sont désignés par les lettres « **J.D.D.** ».

Ces joints servent à isoler ou à séparer deux éléments ayant un comportement structural ou une assise différents, par exemple une dalle sur sol et une colonne.

Le matériau utilisé pour ces joints doit être conforme à la norme ASTM D994 « Preformed expansion joint fillers for concrete (Bituminous type) » et sont indiqués aux dessins.

7.4 Cure et protection

L'article 7.4 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

7.4.1 Protection du béton frais

7.4.1.1 Généralités

L'article 7.4.1 s'applique avec les exigences qui suivent.

L'Entrepreneur doit aussi prendre toutes les précautions nécessaires pour éliminer les chocs, les vibrations et autres causes de détérioration du béton fraîchement mis en place et maintenir le béton plastique dans des conditions d'humidité (100 %) et de température favorables à l'hydratation du ciment et à la cure du béton.

7.4.1.2 Séchage en conditions rigoureuses

L'article 7.4.1.2 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent.

7.4.1.3 Effets de la température – Béton de masse

L'article 7.4.1.3 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les précisions qui suivent.

La température interne (cœur) est celle mesurée au centre de la masse et la température externe (peau) est celle mesurée près de la surface du béton à l'aide de thermocouples.

Lorsque le coffrage est enlevé, on doit mesurer la température de la surface à l'aide d'un thermomètre de surface ou d'un thermomètre à infrarouge.

7.4.1.4 Bétonnage par temps chaud**7.4.1.4.1 Préparation**

L'article 7.4.1.4.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

7.4.1.4.2 Température du béton

L'article 7.4.1.4.2 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

La température du béton lors de sa mise en place doit se situer dans les limites indiquées au tableau 11 de ce devis et devrait être aussi près que possible des températures minimales exigées à ce tableau. À cet égard, afin de minimiser les risques de fissuration, Hydro-Québec peut exiger que le béton soit livré à une température s'approchant des températures minimales.

7.4.1.5 Bétonnage par temps froid**7.4.1.5.1 Préparation**

L'article 7.4.1.5.1 de la norme CSA A23.1-09 s'applique à l'exception de la note.

7.4.1.5.2 Température du béton

L'article 7.4.1.5.2 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

La température du béton lors de sa mise en place doit se situer dans les limites indiquées au tableau 11 de ce devis et devrait être aussi près que possible des températures minimales exigées à ce tableau afin de limiter la hausse de la température engendrée par la chaleur d'hydratation et ainsi minimiser les risques de fissuration du béton.

L'Entrepreneur doit utiliser les moyens nécessaires pour rencontrer les exigences du tableau 11; en période estivale entre autres, l'utilisation d'abris ou toiles de protection contre le vent et le soleil pour les granulats, l'utilisation d'une réserve ou d'une quantité d'eau froide suffisante pour l'arrosage des granulats et pour l'eau de malaxage et l'utilisation de la glace sont requises. Dans le cas où ces dernières précautions ne sont pas suffisantes, l'utilisation de l'azote comme moyen complémentaire est requise pour diminuer la température des constituants ou du béton, ou des deux à la fois.

Toutes les surfaces avec lesquelles le béton frais vient en contact doivent être préalablement réchauffées à une température minimale de 5 °C et maintenues à cette température durant une période minimale de 12 heures successives avant la mise en place du béton.

Tableau 11 – Limites de température au moment de la mise en œuvre

Dimension la plus petite de l'élément	Température de béton, en °C	
	Minimale	Maximale
Moins de 0,3 m	10	32
De 0,3 m à 1,0 m	5	28
De 1,0 m à 2,0 m	5	20
Plus de 2,0 m	3	12
Plus de 2,0 m (1)	3	7

(1) Dans la construction d'un élément de masse ou béton de masse (en plusieurs levées individuelles), lorsque le béton frais est placé au contact du roc, partiellement au roc ou sur un béton âgé de plus de 15 jours, la construction peut se dérouler soit par une demie-levée de béton frais placé à une température située entre 3 à 12 °C ou soit par une pleine levée de béton frais placé à une température située entre 3 à 7 °C. Pour le cas normal d'une coulée sur un béton de masse sous-jacent âgé de moins de 15 jours, le béton frais est placé à une température qui peut varier de 3 à 12 °C tel qu'indiqué au tableau 11.

7.4.1.5.3 Exigences et méthodes de protection

Les articles 7.4.1.5.3.1, 7.4.1.5.3.2, 7.4.1.5.3.3 et 7.4.1.5.3.4 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les ajouts qui suivent.

7.4.1.5.3.1 Durée de la protection

Pendant toute la période de protection, l'Entrepreneur doit maintenir l'intérieur de l'abri à une température minimale supérieure à 5 °C durant la période de cure. Pour certaines structures, tel le tablier d'un pont, Hydro-Québec peut exiger que le béton atteigne 100 % de la résistance spécifiée. Ces structures sont indiquées sur les dessins ou dans le devis technique. Une fois cette résistance atteinte, la protection peut être enlevée ou discontinuée conformément à l'écart de température indiqué au tableau 21 de la norme CSA A23.1-09.

Cependant, s'il est démontré que le béton n'a pas atteint la résistance exigée, l'Entrepreneur doit maintenir en place et en fonction les installations de protection. Toutefois même si toutes les conditions sont remplies, Hydro-Québec peut exiger une prolongation de la protection.

Les coffrages doivent être maintenus en place pendant toute la durée de la protection sauf dans le cas d'un « abri charpenté » chauffé conformément à l'article 7.4.1.5.2 de ce devis.

7.4.1.5.3.2 Matériel

a) Appareils de chauffage

Les appareils de chauffage (bouilloire, chaufferette, etc.) doivent être de capacité et en nombre suffisant pour maintenir le béton à la température exigée.

Dans le cas des appareils qui dégagent du gaz carbonique, l'Entrepreneur doit prendre soin d'évacuer ce gaz à l'extérieur de l'abri. Le gaz carbonique ne doit en aucun cas entrer en contact avec le béton.

b) Abris et protection

1) Couvertures de protection

Ces couvertures de protection, constituées de toiles, de bâches ou de polyéthylène servent à recouvrir les surfaces de l'ouvrage bétonné. Ces couvertures doivent être étanches, résistantes et assujetties de façon à ne pas être déplacées pendant la durée de la protection. Le polyéthylène doit avoir une épaisseur d'au moins 0,1 mm.

2) Abri charpenté

Cet abri doit avoir une hauteur et une grandeur suffisantes pour permettre de réaliser, à l'intérieur de l'abri, la mise en place du béton, la consolidation, la cure et la finition des surfaces. Il doit être aménagé de façon à ce que la chaleur fournie rejoigne toutes les surfaces coffrées ou non coffrées du béton et à permettre le contrôle facile de la température et de l'humidité. Le dégagement vertical au-dessus des surfaces finies doit être d'au moins 2,0 m.

3) Matériaux isolants

Les matériaux isolants doivent conserver leurs propriétés isolantes en présence d'humidité.

À des fins d'équivalence, 25 mm d'isolation est celle produite par une épaisseur de 25 mm de matériau dont la résistance thermique RSI est de 0,58.

Le matériau doit être posé de façon telle qu'il prévienne toute exposition des surfaces de béton à l'air extérieur durant toute la période de protection. L'isolant doit être protégé contre tout mouillage à l'aide d'une membrane de polyéthylène ou d'un produit équivalent.

7.4.1.5.3.3 Types de protection et isolation du béton en place

a) Type 1

L'Entrepreneur doit recouvrir complètement et efficacement toutes les surfaces de béton frais exposées à l'air, à l'aide d'un matériau d'une isolation de 25 mm. Cet isolant doit être placé directement sur la surface à protéger et les joints doivent avoir un chevauchement de 75 mm. Ce type de protection peut être utilisé quand il y a gel durant la nuit seulement.

b) Type 2

L'Entrepreneur doit construire un abri avec une couverture simple, enveloppant tout l'ouvrage et y faire circuler de l'air chaud ou de la vapeur. La chaleur fournie doit rejoindre toutes les surfaces sous coffrage ou non. Ce type de protection peut être employé quand la température extérieure se maintient au dessous du point de congélation, mais sans être susceptible de descendre en dessous de -12 °C durant la période de protection.

c) Type 3

L'Entrepreneur doit recouvrir d'un matériau isolant efficace, tous les coffrages et toutes les surfaces exposées à l'air, afin que le béton conserve sa chaleur pendant toute la durée de protection. Le matériau isolant doit être placé directement sur les coffrages et les joints doivent avoir un chevauchement de 75 mm. L'isolation doit être d'une épaisseur de 75 mm. Les surfaces intérieures du coffrage doivent être à une température supérieure à 5 °C au moment de la mise en place. Ce type de protection peut être employé pour n'importe quel écart de température.

d) Type 4

L'Entrepreneur doit construire un abri « charpenté » enveloppant tout l'ouvrage et maintenir l'intérieur de l'abri à la température exigée pendant toute la durée de protection. Ce type de protection peut être employé pour n'importe quel écart de température.

7.4.1.6 Fiches de température

L'article 7.4.1.6 de la norme CSA A23.1-09 avec la note s'appliquent avec les précisions qui suivent.

Hydro-Québec réalise par l'entremise de son laboratoire un plan de suivi par coulée afin de déterminer et d'enregistrer la température ambiante et celle du béton de masse (cœur, peau et ambiante) pour assurer la conformité à l'article 7.4 de ce devis. La vérification de la température est effectuée à l'aide de thermocouples ou de tout autre moyen accepté par Hydro-Québec. Ce plan de suivi doit être mis en œuvre lors des travaux de bétonnage par temps froid, soit généralement durant la période du 15 octobre au 15 avril.

Les données récoltées doivent être traitées et analysées (fichiers excel et courbes des températures dans le temps) par le laboratoire d'Hydro-Québec.

Hydro-Québec procédera également à un suivi global par type d'élément et type d'ouvrage au moyen de thermocouples. Ces thermocouples sont installés de façon à mesurer la température ambiante, la température au cœur et en peau (amont ou aval et dessus) de chacune des coulées d'éléments ou ouvrages désignés. Les fils de thermocouples ou autres fils d'acquisition de données doivent être placés dans des conduits rigides en PVC reliés à une boîte de lecture ou d'acquisition de données.

Les données doivent être récoltées durant une période se terminant 28 jours après le bétonnage de la dernière levée de l'ouvrage instrumenté. Toutes les données récoltées doivent être traitées et analysées (fichiers excel et courbes des températures dans le temps) par le laboratoire d'Hydro-Québec.

7.4.2 Cure

L'article 7.4.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

La cure humide des surfaces de béton fabriqué avec les ciments LH-HQ (20M) doit se faire pendant une période de dix (10) jours consécutifs à une température ambiante d'au moins 5°C. Durant cette période, le béton ne doit jamais sécher.

La période de cure doit être prolongée jusqu'à ce que le béton soit suffisamment résistant pour assurer la sécurité structurale. La résistance à la compression nécessaire pour assurer la sécurité structurale sera spécifiée par Hydro-Québec, si requis, dans les devis techniques ou sur les dessins.

La cure du béton est effectuée par arrosage d'eau continu dès l'enlèvement des coffrages. L'eau de cure ne doit pas avoir d'effets néfastes sur le béton. Le maintien des coffrages est accepté comme moyen de cure et toute autre méthode doit être acceptée par Hydro-Québec.

Dans le cas du béton de masse, la cure est spécifiquement effectuée par arrosage continu ou assurée par l'utilisation de jute et de toiles de polyéthylène maintenues continuellement humides. La température de l'eau doit être égale ou supérieure à 5°C.

En période de gel, la cure à l'eau doit se terminer 12 h avant la fin de la période de protection.

Comme alternative à la cure humide, l'entrepreneur peut utiliser des produits chimiques de cure formant membrane sur les surfaces verticales, les plafonds et les voûtes uniquement. Dans ce cas, l'entrepreneur doit enlever la membrane à la fin de la période de cure au moyen d'un jet de sable ou de tout autre méthode approuvée par Hydro-Québec, et ce, au moment et aux endroits déterminés par Hydro-Québec.

Les produits chimiques de cure doivent être à base d'eau, translucides et de type fugace. La fiche technique du produit proposée doit être soumise à Hydro-Québec pour approbation. Le même produit de cure doit être utilisé pour l'ensemble des ouvrages. L'application des produits de cure doit être exécutée au moyen d'un rouleau au taux d'application prescrit par le fabricant.

L'utilisation des produits chimiques de cure sur des surfaces auxquelles du béton frais doit adhérer est interdite.

Les matériaux de cure doivent rencontrer les exigences des normes suivantes :

- a) ASTM C 171 « Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete »;
- b) ASTM C 309 « Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete » (type 1-D).

Hydro-Québec peut exiger que les produits soumis soient vérifiés en laboratoire avant leur utilisation. . Seuls les produits de cure formant membrane éprouvés par le laboratoire des chaussées du ministère des Transports de Québec sont acceptés à moins d'indications contraires d'Hydro-Québec.

7.5 Finissage et traitement des dalles ou surfaces de planchers

L'article 7.5 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

7.5.1 Tolérances des surfaces

L'article 7.5.1 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

7.5.1.1 Généralités

Les tolérances de finissage sur les surfaces non coffrées doivent être conformes aux différentes classes de fini spécifiées aux dessins.

Les différentes classes de fini sont décrites ci-après :

- a) Fini U1 : Ce type de fini est obtenu par arasement qui sert de première phase pour les finis U2 et U3 ou pour des surfaces de béton qui ne seront jamais apparentes. Le travail de finition consiste à niveler la surface et à l'araser au moyen d'un aplanissoir (bull float ou darby) après avoir enlevé le surplus de béton au moyen d'une règle à racler (screed) par un mouvement de va-et-vient en avançant lentement.
- b) Fini U2 : Ce type de fini est utilisé comme fini des surfaces apparentes ou comme deuxième phase pour le fini U3. Après l'opération décrite dans le fini U1 et que les bords et les joints ont été façonnés, la surface est lissée au moyen d'une taloche (float) manuelle en bois ou en métal ou au moyen d'une finisseuse mécanique munie de taloches. Le talochage ne doit pas débuter avant que le béton ait débuté sa prise initiale et que le film d'eau soit disparu. Ce talochage ne doit pas être excessif et doit produire une surface uniforme et exempte de marques d'arasement. La surface de béton doit rencontrer les tolérances données à l'article 6.4.
- c) Fini U3 : Ce type de fini est utilisé pour les surfaces de béton où un fini lisse est requis. Le fini U2 est un pré-requis pour le truillage (troweling). Dans ce cas un excès de mortier doit être laissé en surface lors du fini U2. La surface de béton doit être lissée à la truelle de bois ou d'acier pour éliminer tous les défauts dépassant les tolérances données à l'article 6.4. Cette opération a pour but de rendre la surface plus dure. Le premier lissage à la truelle peut produire le type de surface recherchée et exempte d'imperfections. Cependant, l'égalité, la densité et la résistance à l'usure de la surface peuvent toutes être améliorées par des truillages supplémentaires. Un laps de temps doit s'écouler entre les truillages successifs pour permettre au béton de durcir. À mesure que la surface durcit, on doit effectuer les truillages successifs avec des truelles de plus en plus petites, en augmentant progressivement l'inclinaison de la lame et la pression sur celle-ci. Une truelle mécanique est semblable à une talocheuse mécanique, sauf qu'elle est équipée de palettes d'acier plus petites, à inclinaison et pression ajustables. Dans le cas où le premier truillage est effectué mécaniquement, il faut en exécuter au moins un autre à la main pour supprimer les petites irrégularités. Dans le cas des surfaces exposées aux courants d'eau, ce dernier truillage est exécuté à la truelle de bois.

7.5.1.2 Méthodes et tolérances

Les méthodes et tolérances sont spécifiées à l'article 6.4 et à la spécification normalisée SN-26.3 Tolérances – Principes et définitions (Ouvrages civils et mécaniques).

7.5.1.3 État des surfaces lors du façonnage

Les surfaces de béton doivent être façonnées quand celui-ci est encore suffisamment plastique pour qu'on lui donne le profil, la planéité et le fini spécifiés par Hydro-Québec.

Il n'est pas permis d'augmenter l'affaissement du béton pour faciliter la finition. Au contraire, les valeurs obtenues lors des essais d'affaissement doivent être près des limites inférieures spécifiées de façon à éviter le ressuage et l'excès de laitance.

7.5.1.4 Méthode de la règle droite

L'article 7.5.1.4 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas à moins d'indication contraire d'Hydro-Québec.

7.5.1.5 Système de nombres F

Le système de nombres F tel que décrit à l'article 7.5.1.5 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas à moins d'indication contraire d'Hydro-Québec.

7.5.2 Rectification de la planéité et de l'ondulation des surfaces

L'article 7.5.2 de la norme CSA A23.1-09 et la note de cet article s'appliquent.

Aucun meulage ne peut être effectué sans l'autorisation écrite d'Hydro-Québec.

7.5.3 Finissage préliminaire des surfaces horizontales

L'article 7.5.3 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent.

7.5.4 Finissage secondaire

L'article 7.5.4 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent.

7.5.5 Résistance à l'abrasion et à l'usure

L'article 7.5.5 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas car les propriétés du béton, les méthodes de finissage et la période de cure appropriée sont spécifiées dans ce devis.

Pour l'obtention d'une bonne résistance à l'abrasion et à l'usure on doit utiliser un béton ayant une résistance à la compression de 30 MPa et plus, avec un rapport E/C maximal de 0,50, des granulats de type granitique et la cure spécifiée dans le devis. La surface doit être finie avec trois passes de truelle mécanique. Si ces conditions sont respectées, l'utilisation de durcisseur n'est pas requise.

Si un durcisseur est absolument requis pour des raisons esthétiques, l'adjuvant entraîneur d'air doit être enlevé ou sa quantité diminuée, mais l'utilisation de durcisseur n'est pas permise aux endroits où le béton est exposé aux intempéries tel que cycles de gel et dégel ou aux sels déglaçants ou aux deux à la fois.

7.5.6 Surfaces spéciales

L'article 7.5.6 s'applique si un traitement de surface spécial est spécifié aux dessins et devis.

7.5.7 Émissions de vapeur d'eau dans les planchers de béton et les dalles sur le sol

L'article 7.5.7 de la norme CSA A23.1-09 s'applique si un produit sensible à l'humidité doit être appliqué à la surface d'un plancher ou d'une dalle.

7.6 Chapes

L'article 7.6 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les changements qui suivent.

7.6.1 Types

L'article 7.6.1 de la norme CSA A23.1-09 et la note de cet article s'appliquent.

7.6.2 Mélanges de bétons spéciaux pour chapes

7.6.2.1 Généralités

Cet article remplace l'article 7.6.2.1 de la norme CSA A23.1-09.

Le dosage, l'affaissement, la teneur en air et le rapport eau sur ciment maximal doivent être conformes aux exigences de l'article 4.1.1.

7.6.2.2 Dimension nominale maximale des gros granulats

L'article 7.6.2.2 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

7.6.3 Chapes monolithes

L'article 7.6.3 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec l'exigence qui suit.

Les chapes monolithes doivent avoir une épaisseur minimale de 50 mm et maximale de 150 mm.

7.6.4 Chapes liaisonnées

L'article 7.6.4 de la norme CSA A23.1-09 s'applique avec les changements qui suivent.

Les chapes liaisonnées doivent avoir une épaisseur minimale de 50 mm.

7.6.4.1 Préparation de la surface de la couche d'assise

L'article 7.6.4.1 de la norme CSA A23.1-09. et les notes s'appliquent avec les changements qui suivent.

Pour les chapes liaisonnées, une opération de décapage est requise selon les méthodes a) b) et c) de l'article 7.6.4.1 de la norme CSA A23.1-09. L'opération consiste à enlever la laitance à la partie supérieure de la coulée et à exposer les granulats sur une profondeur de l'ordre de 5 à 10 % de la dimension nominale maximale du gros granulat de façon à obtenir une surface favorisant l'adhérence.

Les marteaux-piqueurs doivent avoir d'une masse de 15 kg et moins et doivent être utilisés de façon à ne pas endommager le substrat.

Le type de marteau et de burin ainsi que la méthode doivent être acceptés par Hydro-Québec.

7.6.4.2 Systèmes de liaisonnement

7.6.4.2.1 Préparation

L'article 7.6.4.2.1 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas.

La couche d'assise doit être examinée immédiatement avant la mise en place de la chape liaisonnée afin de s'assurer que sa préparation est conforme à ce devis.

7.6.4.2.2 Méthodes

L'article 7.6.4.2.2 de la norme CSA A23.1-09 incluant les notes s'appliquent avec les exigences qui suivent.

Le béton de la chape doit être liaisonné à la dalle d'assise au moyen d'un coulis ciment/sable/eau seulement.

La surface de la couche d'assise doit être tenue continuellement mouillée pendant douze heures précédant la mise en place de la chape.

Avant l'application du coulis d'adhésion, l'eau en excès doit être complètement enlevée de façon à ce que la surface corresponde à l'état saturé surface sèche. Cette opération doit être effectuée à l'aide d'un aspirateur, d'un jet d'air ou les deux à la fois de façon à souffler toute l'eau à l'extérieur des coffrages et à assécher la surface de béton superficiellement. La surface doit être alors excessivement propre.

Le béton de la chape sera liaisonné à l'aide d'un coulis constitué d'une partie (en volume) de ciment et d'une partie de sable (en volume) à béton avec un rapport eau sur ciment maximal de 0,40.

Le coulis d'adhésion doit être intégré à la surface de béton par un brossage vigoureux.

Le béton doit être mis en place dans les quinze minutes suivant l'application de ce coulis et avant que le coulis n'ait commencé à faire prise.

Lorsque l'utilisation d'autres produits d'adhésion est prévue, ils doivent être préalablement acceptés par Hydro-Québec. Les latex à base d'acétate polyvinyle et les époxydes sont prohibés.

7.6.4.2.3 Adhérence

L'article 7.6.4.2.3 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

7.6.4.2.4 Fréquence d'essai

L'article 7.6.4.2.4 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

7.6.4.3 Finissage de la chape liaisonnée

L'article 7.6.4.3 de la norme CSA A23.1-09 s'applique.

7.6.5 Cure

L'article 7.6.5 de la norme CSA A23.1-09 incluant la note s'appliquent avec le changement qui suit.

La durée de cure doit être conforme aux exigences de l'article 7.4.2.

7.7 Traitement des surfaces après décoffrage

L'article 7.7 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas et est remplacé par les articles qui suivent.

7.7.1 Généralités

En général, les surfaces coffrées ou finies selon les exigences de ce devis ne requièrent aucun traitement de surface particulier autre qu'un meulage des aspérités.

Cependant, le recours à ce procédé doit être limité, car le meulage expose les granulats et réduit la qualité de la surface. Tous les moyens possibles doivent être mis en œuvre afin de produire une bonne finition sans avoir recours au meulage. Hydro-Québec exige et spécifie un produit de qualité. Si pour des raisons de négligence, de malfaçon ou autre, le produit fini comporte des défauts, Hydro-Québec se réserve le droit de faire démolir l'élément de structure ou d'exiger des réparations à sa satisfaction.

Dans le cas d'une finition généralement acceptable, sauf en un nombre limité de points, la correction par meulage est permise à condition toutefois qu'elle suive les tolérances spécifiées à l'article 6.4 de ce devis.

Si cette opération de meulage limité n'est pas suffisante pour les tolérances spécifiées, l'Entrepreneur doit alors réparer les surfaces suivant des méthodes plus élaborées.

7.7.1.1

Tout béton endommagé ou non conforme doit être enlevé et remplacé par du béton répondant aux exigences du présent devis. Les défauts de surface doivent être réparés suivant les méthodes décrites ci après.

7.7.1.2

Les défauts des surfaces de béton exposées aux courants d'eau et des surfaces de béton apparentes doivent être réparés ou meulés pour respecter les tolérances spécifiées à l'article 6.4 et soigneusement nettoyées pour produire une texture de béton lisse, dure et uniforme.

7.7.1.3

Les surfaces de béton non exposées aux courants d'eau et ni apparentes doivent être laissées telles qu'elles étaient au moment du décoffrage, à l'exception de ce qui suit.

Le béton non conforme doit être enlevé ou traité selon les exigences du devis.

Les trous laissés par les tirants et les dépressions de plus de 30 mm de profondeur doivent être réparés conformément aux méthodes décrites ci-après.

Les saillies ou bosses de plus de 30 mm de hauteur doivent être enlevées par meulage en donnant une pente de 1 sur 5.

7.7.1.4

Les nids de cailloux (d'abeilles) décelés après le décoffrage ne doivent pas être réparés avant d'avoir été vus par Hydro-Québec.

7.7.1.5

Lorsque possible, la réparation des surfaces de béton doit être effectuée le plus tôt possible suivant le décoffrage.

7.7.1.6

Il n'est pas permis d'utiliser le plâtrage ou le crépissage comme moyen de réparation général.

7.7.1.7

Durant une période minimale de 1 heure précédant l'opération de remplissage avec du béton ou du mortier, les surfaces doivent être maintenues humides.

Immédiatement avant le remplissage, l'excès d'eau doit être enlevé de façon à ce que la surface devant recevoir le béton soit dans un état saturé superficiellement sec selon l'article 7.2.2 de ce devis.

7.7.1.8

Les endroits ayant été réparés doivent subir un traitement de cure selon l'article 7.4 ou selon les recommandations du manufacturier si un matériau préensaché est utilisé.

7.7.1.9

Pour toutes les réparations effectuées à l'extérieur et qui seront soumises aux cycles de gel et de dégel ou à l'action des sels déglacants ou aux deux à la fois, le béton de réparation ou le béton projeté pneumatiquement doit contenir un agent entraîneur d'air et rencontrer les exigences de l'article 4.1.1. Lorsqu'un mortier préensaché est utilisé, l'Entrepreneur doit utiliser un mortier contenant un latex de type acrylique ou styrène-butadiène. Seuls les mortiers éprouvés par le laboratoire des chaussées du ministère des Transports de Québec sont acceptés à moins d'indications contraires d'Hydro-Québec.

Les méthodes de correction et de réparation doivent être soumises à Hydro-Québec pour acceptation.

Les endroits où les réparations sont requises doivent être déterminés en présence d'Hydro-Québec.

7.7.2 Défauts mineurs et méthodes de réparation**7.7.2.1 Irrégularités**

Une irrégularité est définie comme étant un changement brusque dans la surface de béton comparativement aux surfaces théoriques.

Si les irrégularités sont au-dessus de la surface théorique, elles sont alors appelées bosses ou saillies. Si elles sont au-dessous de la surface théorique, elles sont appelées dépressions ou cavités.

Les irrégularités sont classées comme suit.

- a) irrégularité locale caractérisée par une petite longueur relativement à la hauteur;
- b) irrégularité graduelle caractérisée par une grande longueur relativement à leur hauteur.

Ces défauts sont généralement corrigés par meulage ou lorsque non applicable, l'Entrepreneur doit choisir une autre méthode acceptée par Hydro-Québec.

Après correction, les surfaces doivent respecter les tolérances de l'article 6.4.

7.7.2.2 Arêtes

Toutes les arêtes doivent être arrondies, chanfreinées ou munies d'une gorge au moyen d'outils appropriés. La finition des arêtes doit être réalisée selon les plans détaillés et les instructions d'Hydro-Québec.

Lorsque des dispositions n'ont pas été prises lors du bétonnage afin de rencontrer ces exigences, les arêtes doivent alors être meulées en conséquence à moins d'indication contraire d'Hydro-Québec.

7.7.2.3 Trous et cavités

Les boulons, tirants, clous ou autres pièces métalliques non nécessaires pour fins de construction, doivent être enlevés ou coupés en retrait à une distance minimale de 40 mm par rapport à la surface du béton.

Les cavités laissées par les cônes de coffrages doivent être colmatés au moyen d'un mortier préensaché. Lorsque l'intérieur de la cavité du cône est de forme irrégulière ou écrasé, réaliser un carottage pour rétablir une forme régulière. Dans le cas où un éclat de béton est présent au périmètre de la cavité du cône, réaliser un carottage d'un diamètre suffisant pour couvrir la zone éclatée avant de procéder au colmatage.

Les trous d'air de plus de 25 mm de diamètre et de profondeur, les trous laissés par les boulons et les tirants, les trous d'injection et autres doivent être préparées de façon à obtenir une profondeur minimale d'une fois le diamètre du trou et des arêtes bien définies et perpendiculaires à la surface. Les arêtes vives à l'intérieur des trous doivent être arrondies.

Les surfaces intérieures des trous doivent être rendues rugueuses mécaniquement à l'aide d'une brosse métallique ou par toute autre méthode acceptée par Hydro-Québec. Avant le remplissage des trous avec le mortier préensaché, les surfaces doivent être maintenues humides sans interruption pendant une période de 1 heure et l'eau en excès doit être enlevée à l'aide d'un jet d'air afin de rencontrer les exigences de l'article 7.7.1.7.

Le mortier doit être bourré en place en couches de 25 mm d'épaisseur. La surface de remplissage doit être pilonnée au moyen d'un bourroir en bois franc et la surface apparente, finie à la truelle. Les surfaces adjacentes doivent être nettoyées adéquatement au moyen d'une éponge humide.

Seuls les mortiers préensachés à base de latex de type acrylique ou styrène-butadiène éprouvés par le laboratoire des chaussées du ministère des Transports du Québec sont autorisés par Hydro-Québec.

7.7.2.4 Défauts et réparations linéaires

Certains défauts se présentent sous une forme linéaire, par exemple lorsque le béton aux joints de construction est défectueux. Ces défauts doivent alors être réparés à l'aide d'un mortier de réparation ou de béton autoplaçant avec gros granulats dont le diamètre nominal maximal est de 10 mm et approuvé par Hydro-Québec. Les réparations linéaires sont celles ayant une largeur de 50 mm minimum à 75 mm maximum.

Ces réparations doivent être découpées à l'aide d'un trait de scie sur une profondeur de 25 mm et ensuite évasées sur un angle d'environ 5 ° lorsque la réparation est horizontale. Si la réparation est inclinée ou verticale, la partie supérieure ne doit pas être évasée vers l'intérieur mais plutôt vers l'extérieur, cependant la partie inférieure doit être évasée de 5 ° vers l'intérieur. On doit enlever le béton défectueux jusqu'au béton sain ou plus profondément si requis.

La profondeur de réparation doit être égale ou plus grande que la largeur. Le fond de la réparation doit être nettoyé à la brosse et à l'air comprimé, lavé et humidifié durant une période minimale de 1 heure selon les exigences de l'article 7.7.1.7 de ce devis.

Dans le cas des réparations linéaires, des ancrages mécaniques galvanisés doivent être insérés dans le béton à tous les 300 mm à une profondeur d'au moins 75 mm. Le recouvrement au-dessus des ancrages doit être de 40 mm.

Avant d'appliquer le mortier de réparation, le fond de la réparation doit être enduit, à l'aide d'une brosse ou d'un pinceau à poil dur, d'un coulis (barbotine) ayant un rapport eau-liant maximal de 0,35. Si le mortier de réparation est à base de latex, l'eau du coulis est remplacée par le composé eau-latex.

Cette opération est immédiatement suivie par l'application du mortier. Le mortier doit être appliqué en une seule couche et celui-ci ne doit pas être placé sur du coulis qui a séché.

Lorsque les réparations sont soumises à des cycles gel-dégel, le mortier de réparation doit contenir un agent entraîneur d'air ou être de type ensaché à base de latex. Les trous des ancrages mécaniques doivent être remplis d'un coulis de ciment avant la pose des ancrages.

7.7.3 Défauts majeurs et méthodes de réparation

7.7.3.1 Généralités

Les défauts identifiés tels, les zones de nids de cailloux, les réparations linéaires de plus de 75 mm de largeur, les zones de bulles d'air emprisonnées ainsi que les autres zones en surface présentant des imperfections, doivent être reprises par des moyens acceptés par Hydro-Québec.

Pour les surfaces apparentes de classe F3, les zones de bulles d'air emprisonnées dépassant 1 % de la surface exposée, établie par sections de 1 m², doivent être réparées. Ce pourcentage est de 2 % et 3 % pour les surfaces de classes F2 et F1 respectivement.

L'Annexe C de ce devis présente des exemples de pourcentage de bulles d'air emprisonnées en fonction de la surface totale.

7.7.3.2 Découpage

Les côtés des trous de reprise ne doivent pas avoir une longueur de moins de 300 mm. Un trait de scie d'une profondeur de 25 mm doit être effectué afin de délimiter le périmètre de la zone à réparer. La profondeur du trait de scie pourrait être réduite à la demande d'Hydro-Québec dans le cas où les armatures risquent d'être endommagées lors de cette opération.

Sur les surfaces horizontales, le trait de scie est exécuté perpendiculairement à la surface ou à un angle de 5° vers l'intérieur par rapport à la normale. La raison pour donner une inclinaison aux traits de scie est d'ancrer la réparation. Cette inclinaison doit cependant être faible.

Dans le cas des surfaces verticales, le trait de scie à la partie supérieure doit être perpendiculaire à la surface.

7.7.3.2.1 Uniformité de profondeur

L'uniformité de la profondeur a pour but d'éviter les changements de section qui favorisent la formation de fissures. Le fond de la réparation doit être autant que possible parallèle à la surface adjacente non réparée.

Un changement brusque de profondeur est défini comme un changement abrupt dépassant 50 % de la profondeur prépondérante à partir d'une profondeur minimale de 300 mm.

Dans le cas où ces changements brusques ne peuvent pas être évités, le bétonnage de la réparation devra être exécuté en deux étapes. Une couche de béton sera mise en place afin de limiter le changement brusque de profondeur, puis une seconde couche sera mise en place environ 2 heures après la première couche de façon à permettre le tassement naturel du béton mais tout en permettant une liaison adéquate entre les 2 couches de béton en dessous des traits de scie.

Les traits de scie ne doivent jamais se croiser au coin d'une réparation. Les coins devront être arrondis lors de la démolition du béton.

7.7.3.3 Profondeur de réparation et acier d'armature

Tout le béton défectueux doit être enlevé jusqu'au béton sain en respect des prescriptions des sections 9.1 à 9.3 de ce devis ou suivant les instructions d'Hydro-Québec.

La profondeur des réparations doit être telle que le dégagement sous les barres d'acier d'armature soit de 50 mm minimum et que l'enrobage respecte les exigences de l'article 6.6.6.

Lorsqu'il n'y a pas d'armature, des barres d'acier d'armature 10M doivent être installées dans les deux directions à des distances de 300 mm maximum et ancrées avec des barres 10M à tous les 300 mm centre/centre avec une profondeur d'ancrage de 200 mm minimum dans le béton sain.

L'extrémité des barres est repliée en forme de crochet afin de retenir les barres d'acier d'armature. Les ancrages doivent être situés à au moins 100 mm des côtés de la réparation.

Les ancrages sont scellés dans le béton à l'aide d'un coulis ou mortier de ciment. Le rapport eau ciment doit être compris entre 0,38 et 0,42. Les coulis époxydiques ou autres ne sont pas permis.

Les trous d'ancrages pour les surfaces verticales doivent être inclinés à 15° par rapport à la normale du plan de réparation. Le coulis ou mortier de ciment pour ancrages doit être préensaché et composé de ciment, d'eau et d'adjuvants. Ils doivent être éprouvés par le laboratoire des chaussées du ministère des Transports du Québec, approuvés par Hydro-Québec et répondre aux exigences suivantes :

a) Temps de prise finale : 7 heures maximum;

b) Résistance à la compression minimale: 20 MPa à 7 jours et 35 MPa à 28 jours.

7.7.3.4 Nettoyage et humidification

Après le découpage et le burinage, mais avant le remplissage, chaque réparation doit être nettoyée à la brosse et à l'air comprimé, lavée et gardée constamment mouillée durant une période minimale de 1 heure. Les autres exigences de l'article 7.7.1.7 doivent être respectées.

7.7.3.5 Coulis ou agent de liaisonnement

Les agents de liaisonnement sont utilisés seulement dans le cas où il n'y a pas ou très peu d'acier d'armature et que leur présence ne compromet pas la mise en œuvre du coulis.

Le coulis doit avoir un rapport eau/ciment (E/C) maximum de 0,40 et être placé à la brosse ou à l'aide d'un pinceau à poils raides sur les parois et le fond de la réparation préalablement humidifié.

Cette opération est effectuée immédiatement avant la mise en œuvre du béton de réparation. Advenant le cas où le coulis sécherait avant la mise en place du béton, la surface devra être nettoyée de nouveau et une nouvelle application de coulis doit être effectuée.

Si le béton de réparation est situé sur un ouvrage ou une partie d'ouvrage exposé aux intempéries (gel-dégel, etc.), à moins d'indications contraires d'Hydro-Québec, le coulis doit être préparé à l'aide d'un composé ciment/latex approuvé par Hydro-Québec. Le latex doit être de type acrylique ou styrène-butadiène.

7.7.3.6 Remplissage

Tous les trous de reprise doivent être remplis de béton ayant une résistance à la compression au moins égale à celle du béton avoisinant. La dimension nominale maximale du gros granulat ne doit pas dépasser 20 mm.

7.7.3.7 Coffrages

Des coffrages doivent être utilisés pour les reprises de surfaces inclinées ou verticales et doivent être construits de façon à pouvoir placer le béton en couches n'excédant pas 300 mm d'épaisseur. Tous les joints des coffrages doivent être étanches.

Les canaux laissés en place pour faciliter le remplissage du haut des trous de reprise doivent être soigneusement taillés et les surfaces brutes doivent être lissées à la meule et être de niveau avec les surfaces avoisinantes.

7.7.3.8 Surfaces horizontales

Les surfaces horizontales ou légèrement inclinées, qui ont été reprises, doivent être égalisées à la règle de régalaie et finalement lissées à la truelle. L'usage de la truelle doit être différé jusqu'à ce que le béton ait suffisamment durci, afin d'éviter l'accumulation en surface de matériau fin et d'eau.

7.7.4 Méthodes de remplissage

7.7.4.1 Généralités

Le remplissage des réparations peut s'effectuer avec du béton conventionnel, du béton autoplaçant, du béton projeté ou avec un matériau préensaché.

Chacun des matériaux utilisés doit être conforme aux exigences de ce devis ou des normes applicables et être accepté par Hydro-Québec.

7.7.4.2 Béton conventionnel

Le béton conventionnel est un type de béton défini à l'article 4.1.1. Le béton doit contenir des gros granulats ayant la dimension nominale maximale la plus grande possible sans dépasser 40 mm et l'affaissement le plus bas possible afin de minimiser le retrait.

La classe de béton choisie doit cependant permettre un remplissage complet de la réparation. Le béton conventionnel doit être consolidé à l'aide de vibrateurs internes.

7.7.4.3 Béton autoplaçant

Le béton autoplaçant ne requiert pas de vibration et doit respecter les exigences de l'article 8.2.1.

7.7.4.4 Béton projeté

Le béton projeté utilisé pour les réparations doit être conforme aux exigences de l'article 8.1.

8. Bétons assujetti à des exigences spéciales en matière de performance ou de constituants.

Le chapitre 8 de la norme CSA A23.1-09 ne s'applique pas et est remplacé par ce qui suit.

8.1 Béton projeté par procédé à sec ou humide

Les normes de référence qui ont servi à la rédaction de cet article sur le béton projeté sont :

American concrete Institute (ACI).

Guide to Shotcrete – ACI 506R-05

Committee Report on Fiber Reinforced Shotcrete – ACI 506.1R-08

Specification for Shotcrete – ACI 506-2-95

Guide to Certification of Shotcrete Nozzlemen – ACI 506-3R-91 (Synopsis only)

Guide for the Evaluation of Shotcrete – ACI 506.4R-94

Cahier des charges et devis généraux du MTQ, Article 15.5 Béton projeté

Norme 3201 du MTQ « Béton projeté par procédé à sec ».

Norme 3301 du MTQ « Béton projeté par procédé humide »

Norme 3501 du MTQ « Matériaux de cure »

8.1.1 Généralités

Il existe deux méthodes d'exécution du béton projeté, soit le procédé humide ou le procédé à sec. La méthode utilisée doit être acceptée préalablement par Hydro-Québec.

8.1.2 Matériaux

L'eau, le liant, les granulats et les adjuvants utilisés lors de la confection du béton projeté doivent être conformes aux exigences de ce devis.

Sauf ou autrement indiqué, installer des ancrages en forme de « J » ou « L » de 6 mm de diamètre et de 50 mm de longueur à tous les 600 mm c/c. Installer un treillis soudé à maille d'acier de 102 x 102, MW 11.1 x MW 11.1 attaché aux ancrages au moyen d'un fil de fer galvanisé de calibre 16 (1,6 mm de diamètre).

Les accélérateurs de prise sont exigés lors de la projection en surplomb ou lorsqu'une résistance à la compression élevée à bas âge est requise afin de protéger le roc structuralement. Dans ce dernier cas, à moins d'indication contraire d'Hydro-Québec, la résistance à la compression doit être de 10 MPa à 24 heures. Pour le béton projeté utilisé pour le traitement des fondations rocheuses en position horizontale ou en position verticale ne requérant pas une résistance élevée à bas âge, les accélérateurs de prise ne sont pas requis.

Dans le cas du béton projeté selon le procédé à sec, seuls les accélérateurs de prise à base d'aluminate sans chlorure et sans effet corrosif sur les aciers d'armature ou autres pièces métalliques peuvent être utilisés et doivent être acceptés au préalable par Hydro-Québec.

Dans le béton projeté destiné à la réparation d'ouvrages existants, des fibres de polypropylène doivent être ajoutées au mélange à raison de 1 kg/m³. Les fibres utilisées dans le béton projeté doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- a) composition : à base d'homopolymère de polypropylène vierge;
- b) résistance en traction : de 275 à 415 MPa;
- c) absorption d'eau : nulle;
- d) densité : de 0,90 à 0,92;
- e) longueur : de 12 à 20 mm;
- f) résistance à l'humidité et aux alcalis du béton.

8.1.3 Caractéristiques du béton projeté

Le béton projeté doit rencontrer les caractéristiques du tableau 12.

Tableau 12 – Caractéristiques du béton projeté

Méthode spécifiée de béton projeté ⁽⁵⁾	Résistance à la compression minimale à 28 jours, MPa	Type et quantité minimale de ciment, kg/m ³ ⁽¹⁾	Rapport eau/liant E/L Maximal	Gros granulats (%) min.)	Teneur en air du béton plastique, %	Affaissement (mm)
Procédé à sec	35	GUb-SF ou HE 450	0,40	10 ⁽²⁾	3,5-7 ⁽³⁾	--
Procédé humide	35	GUb-SF 410	0,40	25 ⁽²⁾	10-15 ⁽⁴⁾	100±30 ⁽⁴⁾

(1) L'utilisation de ciment type LH-HQ (20M) dans les mélanges de béton projeté selon les procédés à sec ou humide est permise. L'Entrepreneur doit cependant tenir compte des caractéristiques de ce ciment sur le comportement du béton projeté. Si des adjuvants accélérateurs sont utilisés, ils doivent être compatibles avec ce type de ciment.

(2) Calibre 10 - 2,5 mm (en % de la masse totale du mélange).

(3) Teneur en air mesurée après la projection dans l'airmètre pour les mélanges ne contenant pas d'accélérateur de prise. Si un accélérateur de prise est prévu au dosage, les paramètres du réseau de vides d'air entraîné dans le béton durci doivent être conformes aux exigences du tableau 13.

(4) Caractéristiques d'affaissement et de teneur en air mesurées à la sortie du camion malaxeur.

(5) Lorsque le béton est soumis aux intempéries, ajouter 1 kg de fibres de polypropylène

Les caractéristiques du réseau d'air entraîné dans le béton durci mesurées sur un panneau de béton projeté selon la norme ASTM C 457 doivent respecter les exigences du tableau 13. Dans le cas de béton projeté de type préensaché en usine, le rapport des caractéristiques du réseau d'air entraîné doit être présenté par l'Entrepreneur avant le début des travaux pour chaque formule de dosage. Ce rapport doit être daté de moins de 1 an.

Tableau 13 – Caractéristiques du réseau d'air entraîné 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	3,0	320	300
Procédé humide	3,0	260	230

8.1.4 Dosage du béton projeté

Tous les dosages des mélanges de béton projeté de type préensaché en usine doivent faire l'objet d'une fiche descriptive datée et signée par le responsable du contrôle de la qualité de l'Entrepreneur. Cette fiche doit être présentée avant la fourniture du béton. Les caractéristiques indiquées doivent être représentatives du béton qui sera mis en place et conforme aux exigences du devis.

Cette fiche doit comprendre les informations indiquées à l'article 4.3.5

Dans le cas des mélanges fabriqués en chantier, l'Entrepreneur est responsable du dosage des constituants du béton, à moins d'indications contraires dans le devis des clauses techniques particulières ou d'Hydro-Québec selon l'article 4.3.5 de ce devis.

8.1.4.1 Méthode de dosage du béton par procédé humide

Les mélanges préparés à la centrale de dosage ou à l'aide d'une bétonnière mobile doivent être préparés selon l'article 5.2 de ce devis.

Lorsque des mélanges préensachés sont utilisés, le malaxage s'effectue en camions malaxeurs ou avec un autre type de malaxeur efficace. La quantité d'eau de gâchage prescrite par le fabricant doit être ajoutée à la centrale de dosage en utilisant la balance à eau de celle-ci ou sinon en chantier et mesurée à l'aide d'un instrument précis rencontrant les exigences de ce devis.

Les mélanges préensachés en usine doivent être homogènes et secs au moment de leur utilisation. Les sacs doivent être protégés de l'humidité durant le transport et l'entreposage et ce, jusqu'à leur introduction des matériaux dans le camion malaxeur. Les sacs contenant des mottes ou des matériaux hydratés doivent être rejetés. De plus, il faut toujours utiliser des sacs entiers. L'utilisation de fraction de sacs est interdite.

Le fabricant utilisant une centrale de dosage ou une bétonnière mobile doit détenir un certificat délivré par le BNQ conformément au protocole de certification NQ 2621-905 « Béton de ciment de masse volumique normale et constituants de certification ».

Les sacs doivent porter l'identification du fabricant, la date d'ensachage et le numéro du lot de fabrication.

Dans le cas où le mélange est préparé à l'aide d'une bétonnière mobile, les fibres de polypropylène (si requises) doivent être préalablement mélangées aux granulats fins lors de la constitution de la pile de réserve, et l'agent entraîneur d'air doit être introduit dans l'eau du réservoir de la bétonnière mobile. Les distributeurs de fibres sont également autorisés.

Dans le cas où le mélange est préparé à l'aide d'une centrale de dosage munie d'un malaxeur stationnaire, les fibres de polypropylène doivent être ajoutées au mélange à la centrale de dosage. Les fibres sont requises dans les bétons exposés aux intempéries (gel-dégel, etc.).

Lorsqu'un accélérateur de prise est requis, ce dernier est ajouté à la lance en respect des recommandations du manufacturier.

8.1.4.2 Méthode de dosage du béton par procédé à sec

Le béton mis en œuvre par le procédé à sec doit être de type préensaché en usine ou préparé à l'aide d'une bétonnière mobile en respect des prescriptions de l'article 5.2.1.8 de ce devis.

Les fibres de polypropylène sont requises dans les bétons soumis aux intempéries (gel-dégel, etc.). Ces fibres doivent être introduites lors du préensachage ou à la centrale de dosage selon le cas.

Avant d'être introduits dans l'équipement de projection, les mélanges préparés à l'aide de matériaux préensachés doivent être humidifiés de façon homogène dans un malaxeur de sorte que leur teneur en eau soit comprise entre 3 % et 6 % de la masse des solides et être ensuite transférés directement dans l'équipement de projection sans aucune autre manipulation.

Lorsque le béton est mélangé à l'aide d'une bétonnière mobile, l'agent entraîneur d'air doit être mélangé dans un réservoir équipé d'un système d'agitation ou selon les recommandations du manufacturier. Lorsqu'un accélérateur de prise est requis, ce dernier est ajouté à la lance selon les recommandations du manufacturier. Lorsque le béton est fourni sous forme de matériaux préensachés, l'agent entraîneur d'air doit être inclus dans le mélange.

8.1.4.3 Matériel**8.1.4.3.1 Compresseur**

Le compresseur doit fournir la quantité d'air suffisante à la pression nécessaire, et cette dernière ne doit pas fluctuer. L'air qui arrive à la lance de projection doit être exempt d'huile. La pression d'opération, mesurée au moyen d'un manomètre, ne doit pas être inférieure à 275 kPa dans les cas où 30 m ou moins de boyau sont utilisés; cette pression doit être augmentée de 35 kPa pour chaque longueur supplémentaire de 15 m de boyau, et de 35 kPa pour chaque dénivelée ascendante supplémentaire de 8 m entre le compresseur et la lance de projection.

8.1.4.3.2 Pompe à eau

La pompe à eau doit être équipée d'un manomètre. Elle doit maintenir une pression d'eau supérieure de 100 kPa à celle qui est nécessaire pour la projection du béton. Cette pression est mesurée à la lance de projection. La pompe doit fonctionner régulièrement et sans secousses.

L'Entrepreneur doit fournir toutes les informations pertinentes telles que marque, modèle et état du matériel qu'il a l'intention d'utiliser pour la projection du béton ou mortier et obtenir l'acceptation d'Hydro-Québec.

8.1.4.3.3 Matériel

Le matériel utilisé pour la projection du béton est décrit dans le document ACI 506R « Guide to Shotcrete ». Le matériel doit être d'une capacité suffisante pour assurer une projection uniforme et continue du béton.

8.1.4.3.4 Malaxeur

Le malaxeur servant à la préhumidification des mélanges doit produire un mélange uniforme, dont la teneur en eau est conforme à celle qui est exigée.

8.1.4.3.5 Pompe

La pompe consiste essentiellement en un réservoir dans lequel le mélange venant du malaxeur est déversé. Une pression d'air est établie à l'intérieur du réservoir à l'aide d'une soupape ou d'un engrenage, et le boyau et la lance de projection sont alimentés de façon continue.

8.1.4.3.6 Boyau

Les boyaux, d'un diamètre de 38,1 mm, doivent être flexibles, munis de joints étanches pour relier plusieurs sections entre elles et pouvant supporter la pression nécessaire. Ils doivent s'adapter parfaitement à la pompe et à la lance de projection.

8.1.4.3.7 Lance de projection du béton projeté à sec

La lance de projection doit comporter un embranchement avec soupape ajustable pour raccorder le boyau d'alimentation d'eau. À son arrivée dans la lance, l'eau traverse un anneau perforé (anneau de mouillage) qui assure un mélange uniformément hydraté à la sortie de la lance de projection. La garniture intérieure doit être renouvelée au besoin. Un anneau de prémouillage doit être localisé à 3 m de l'extrémité de la lance de projection.

8.1.5 Contrôle de la qualité

Le contrôle de la qualité du béton projeté et de leurs constituants doit rencontrer les exigences de l'article 4.4 avec les ajouts et changements qui suivent.

8.1.5.1 Échantillonnage du béton projeté

8.1.5.1.1 Teneur en air

La méthode de détermination de la teneur en air du mélange doit être conforme à la norme CAN/CSA A23.2-4C « Détermination de la teneur en air du béton plastique par la méthode de pression d'air », complétée par les recommandations du fabricant concernant l'étalonnage et le mode d'utilisation de l'appareil.

Toutefois, lors de la détermination de la teneur en air du béton projeté par procédé à sec, les articles 3.1 d, 3.1 e, 6.2, 6.3, 6.4 et 6.5 de la norme CAN/CSA A23.2-4C « Détermination de la teneur en air du béton plastique par la méthode de pression d'air » ne doivent pas être pris en considération. Le béton servant à déterminer la teneur en air entraîné doit être projetée directement dans le récipient de l'appareil destiné à cette fin. Lorsque le béton contient un agent accélérateur de prise, la teneur en air est mesurée sur le béton durci.

Les essais de vérification de la teneur en air doivent être réalisés au moment de la confection des échantillons destinés aux essais de résistance à la compression et au moins quatre fois durant le quart.

8.1.5.1.2 Affaissement

L'affaissement du béton par procédé humide à l'état plastique est déterminé à la sortie du camion-malaxeur, selon les exigences de la norme CAN/CSA A23.2-5C « Détermination de l'affaissement du béton ».

La méthode d'échantillonnage doit être conforme à la norme CAN/CSA A23.2-1C « Échantillonnage du béton plastique ». L'essai ne s'applique pas dans le cas du procédé à sec.

8.1.5.1.3 Température du béton projeté par procédés à sec et humide

La température est mesurée à la sortie du camion-malaxeur dans le cas du béton projeté par procédé humide et à la sortie de la lance de projection dans le cas du béton projeté par procédé à sec. La mesure de la température est effectuée selon la norme CSA A23.2-17C « Détermination de la température du béton de ciment hydraulique frais ».

8.1.5.2 Confection et cure des échantillons

Les échantillons servant à déterminer la conformité du béton projeté sont confectionnés par la projection de ce béton dans des moules prévus à cet effet. Ces échantillons doivent être confectionnés dans des conditions rigoureusement identiques à celles des travaux, c'est-à-dire avec les mêmes matériels, constituants, méthodes et opérations de la lance de projection. Pour chaque type de mélange, la fréquence minimale de confection doit être d'un échantillon par jour par opérateur de la lance de projection.

Avant de commencer les travaux de projection, l'Entrepreneur doit obtenir l'autorisation d'Hydro-Québec quant aux méthodes de protection et de cure du béton projeté.

À la demande d'Hydro-Québec, des échantillons additionnels et des carottes supplémentaires pourront être exigés, afin de vérifier que le béton projeté rencontre les exigences du devis.

8.1.5.2.1 Description du moule et confection des échantillons

Le moule doit être en bois ou de tout autre matériau lisse et rigide. Les dimensions minimales du fond du moule doivent être de 300 mm x 300 mm. Ses parois latérales doivent être assemblées de façon à former un angle interne de 135 ° par rapport au fond du moule et obtenir une hauteur minimale de 125 mm. De plus :

- a) les moules doivent être humectés et propres avant d'être utilisés; il ne doit pas y avoir d'eau libre dans le moule;
- b) lors de la projection, le moule doit être fermement appuyé;
- c) l'angle de projection doit être de 90° par rapport au fond du moule;
- d) la finition de la surface doit être faite à la truelle de bois;
- e) l'épaisseur de béton projeté doit être de 125 mm \pm 10 mm;
- f) l'échantillon doit demeurer au site de prélèvement, dans sa position originale, jusqu'à son transport au laboratoire.

8.1.5.2.2 Cure des échantillons

Dès la projection terminée, l'échantillon doit être maintenu humide avec des jutes préhumidifiées et des toiles de polyéthylène, à une température ambiante comprise entre 5 °C et 30 °C. Cette protection doit être conservée pendant les premières 28 \pm 4 heures après lesquelles l'échantillon doit être transporté au laboratoire et placé en chambre humide à une température de 23 \pm 2°C.

Dans le cas où la température ambiante est inférieure à 5 °C, on doit prévoir les mesures nécessaires afin de maintenir cette température ambiante au-dessus de cette valeur.

8.1.5.3 Détermination de la résistance à la compression

8.1.5.3.1 Prélèvement et mûrissement des éprouvettes

Les éprouvettes sont des carottes de 75 mm de diamètre prélevées dans l'échantillon entre 3 et 5 jours d'âge. Les carottes ainsi obtenues doivent être conservées dans l'eau saturée de chaux jusqu'au moment de l'essai, soit deux carottes à 3 jours, 2 à 7 jours et deux autres à 28 jours. La fréquence des essais est indiquée au tableau 6. Si le ciment utilisé est de type LH-HQ (20M), deux carottes supplémentaires sont soumises à l'essai de résistance à la compression à 91 jours.

8.1.5.3.2 Essai de résistance à la compression

Les carottes sont sciées aux deux extrémités et coiffées de façon que l'éprouvette soumise à l'essai de compression ait un rapport longueur/diamètre variant de 1,0 à 1,1. La partie des carottes d'une épaisseur de 20 mm provenant du fond du moule doit être enlevée. La préparation des carottes et l'essai de compression doivent être effectués selon les exigences de la norme CSA A23.2-14C « Prélèvements et détermination de la résistance à la compression de carottes de béton ».

Les résultats de résistance à la compression des carottes sont corrigés en les multipliant par le facteur 0,87 ou selon les valeurs indiquées à la norme CSA A23.2-14C.

8.1.5.4 Proportion des constituants des mélanges préensachés

La conformité des proportions des constituants est vérifiée sur un échantillon de 30 kg prélevé au hasard parmi les sacs entreposés au chantier. Cette vérification s'effectue au moins une fois au début des travaux.

8.1.6 Qualification des opérateurs de lance de projection

8.1.6.1 Certificats ACI

Les opérateurs de lance de projection doivent détenir un certificat de « Lancier pour le béton projeté » décerné par l'American Concrete Institute (ACI) selon son programme « Shotcrete Nozzleman Certification ». Le certificat de qualification doit porter sur le procédé de projection à sec pour les positions de projection à la verticale et en surplomb et sur le procédé humide pour la position de projection à la verticale. Le certificat d'un opérateur de lance de projection est considéré valide pour 3 ans à compter de la date d'obtention et doit être valide pendant toute la durée des travaux.

8.1.6.2 Projection de convenance

Afin de vérifier le personnel, l'équipement de projection, les méthodes et le dosage du mélange, Hydro-Québec exige que des panneaux tel que décrits à l'article 8.1.5.2.1 soient préparés au chantier. Les conditions de projection doivent être représentatives de celles qui seront réellement existantes. Les panneaux doivent être en position verticale et en surplomb si cette dernière position est représentative des travaux à réaliser. Hydro-Québec peut également exiger l'emplacement de barres d'acier d'armature dans les panneaux.

Des essais de résistance à la compression sur carottes doivent être effectués à 3, 7 et 28 jours et à 91 jours dans le cas du ciment type LH-HQ (20 M).

Les résultats des essais de résistance à la compression à 3 et 7 jours peuvent être extrapolés afin de vérifier si la résistance à la compression spécifiée sera rencontrée.

Des essais de détermination des caractéristiques du réseau d'air entraîné doivent être effectués à partir d'une carotte prélevée dans ces panneaux.

Des examens visuels sur les carottes doivent également être effectués afin de vérifier s'il y a des défauts tels que couche de sable, mauvais enrobage de barres d'acier d'armature, etc.

8.1.7 Mise en œuvre

8.1.7.1 Préparation de la surface

Les surfaces devant recevoir ce béton projeté doivent être nettoyées adéquatement selon les exigences des devis et selon l'article 7 de ce devis.

8.1.7.2 Application du béton projeté

Tout le béton malaxé doit être projeté moins de 120 minutes après l'ajout initial d'eau de gâchage; le volume des gâchées doit être ajusté pour satisfaire à cette exigence.

Le béton doit être projeté conformément aux prescriptions de la recommandation ACI 506R et des exigences applicables de l'article 7 de ce devis normalisé. Les exigences qui suivent sont ajoutées.

L'application du béton projeté ne peut être faite que lorsque la température ambiante et celle de la surface à couvrir sont supérieures à 5 °C.

Au moment de l'application, la température du béton projeté ne doit pas être inférieure à 10 °C ni être supérieure à 25 °C. Pendant une période de 7 jours suivant l'application, le béton en place doit être maintenu à une température minimale de 5 °C.

La projection du béton doit s'effectuer d'une façon constante et sans interruption. Elle doit être suspendue lorsque le béton à la sortie de la lance n'est pas homogène ou lorsque le fonctionnement défectueux d'un appareil altère le mélange ou l'application. L'opérateur doit alors diriger le jet hors de la surface à couvrir et reprendre les opérations une fois l'uniformité rétablie.

Les travaux doivent être arrêtés si la vitesse du vent nuit à l'uniformité ou à la régularité de la pose ou encore si la pluie ou la température froide risque de détériorer la qualité de l'ouvrage.

Le béton projeté ne doit pas être appliqué sur la surface où il y a des infiltrations d'eau. Celles-ci doivent être canalisées auparavant.

Pour les surfaces verticales, la projection doit être commencée par les coins de l'ouvrage et par le bas.

L'Entrepreneur doit s'assurer que les armatures et les pièces encastrées ne sont pas déplacées pendant la mise en place du béton et qu'elles ont l'enrobage requis.

L'application doit être faite de façon à enrober complètement les armatures et à éviter la formation de vides, de lits de sable ou de mottes dans le mélange projeté. Lorsque des épingles installées dans le roc pour retenir le treillis et qu'une application de béton projeté est requise, les supports du treillis ne doivent pas être des plaques car il n'est pas possible d'effectuer un remplissage adéquat derrière celles-ci.

L'opérateur doit diriger le jet de béton projeté perpendiculairement à la surface à recouvrir et tenir la lance à environ 1 m de celle-ci, sauf dans les espaces restreints.

Le béton projeté doit être mis en place de telle sorte qu'il ne s'affaisse pas. L'épaisseur d'une couche peut varier selon le mélange utilisé et les espaces à couvrir. Dans tous les cas, il est préférable de limiter le nombre de couches. Par exemple, lors de la projection en position horizontale sur une fondation rocheuse les travaux peuvent être réalisés en une seule couche sans arrêt.

Si plus d'une couche de béton projeté par procédé à sec sont posées, un délai de 30 à 60 minutes est suffisant entre deux applications.

Si plus d'une couche de béton projeté par procédé humide est nécessaire pour construire la pleine épaisseur de l'ouvrage, la surface doit être maintenue humide pour prévenir son assèchement; l'utilisation de matériaux de cure est interdite entre deux couches.

Dans tous les cas, avant d'appliquer une couche subséquente, la surface de la couche sous-jacente doit être brossée légèrement et soigneusement pour enlever toute substance laiteuse.

Les constituants du mélange provenant du rebondissement lors de la projection ne doivent pas être réutilisés. Le béton projeté qui n'adhère pas à la surface traitée et qui tombe par terre ne doit pas être réutilisé pour être à nouveau projeté.

8.1.7.3 Finition des surfaces

Le régalinge des surfaces doit être fait tandis que le béton projeté est encore suffisamment plastique. L'excès de matériau doit être enlevé à l'aide d'un outil à bord tranchant.

Immédiatement après le régalinge, l'aplanissement des surfaces doit être fait à l'aide d'une truelle de bois pour faire disparaître les stries et fermer les surfaces.

Les surfaces finies doivent être régulières, exemptes de bosse, d'ondulation, de creux et de défauts.

L'Entrepreneur doit prendre des mesures spéciales pour finir le béton en respectant le plus possible la géométrie initiale des surfaces des murs.

La tolérance dans le fini d'une surface ne doit pas excéder 15 mm sur une longueur de 3 mètres à moins d'indication contraire de la part d'Hydro-Québec.

8.1.7.4 Joints de construction

À la fin d'une journée de travail ou à tout arrêt prolongé, la couche de béton en cours d'application doit être amincie suivant une pente de 45 °. À la reprise des travaux, le joint doit être parfaitement nettoyé, humecté et soumis à un jet d'air comprimé.

8.1.7.5 Cure

La cure du béton projeté et la protection doivent être effectuées selon les exigences de l'article 7.4 avec les exigences qui suivent.

Les surfaces au plafond doivent être recouvertes d'un matériau de cure formant membrane translucide sans colorant ou translucide avec un colorant fugace, conforme à la norme 3501 du MTQ. Il doit être appliqué de façon à former une pellicule suffisamment épaisse et ininterrompue sur toute la surface exposée à l'air ambiant, selon le taux recommandé par le fabricant.

Toutes les autres surfaces doivent être recouvertes d'une toile de jute ou de fibres synthétiques saturées d'eau, conformes à la norme 3501 du MTQ, et d'une pellicule de polyéthylène pour empêcher l'eau de s'évaporer. Cette protection contre l'assèchement doit être solidement fixée de façon à empêcher l'air de venir en contact avec les surfaces traitées.

8.1.8 Acceptation des surfaces finies et réparations

L'entrepreneur doit fournir au surveillant l'accès aux surfaces réparées aux fins de vérification. Après la cure et en présence de l'entrepreneur, le surveillant vérifie à l'aide d'un marteau les surfaces réparées. Les surfaces qui produisent un son creux, signe d'une mauvaise adhérence, incluant une zone de 150 mm située sur le pourtour, doivent être démolies et reconstruites par l'entrepreneur.

8.2 Béton autoplaçant

8.2.1 Définition

Le béton autoplaçant est un béton hautement fluidifiée par des adjuvants spéciaux, mais stable, qui peut rapidement être mis en place, remplir facilement le coffrage où l'espace est restreint et envelopper une armature dense, le cas échéant, sans que l'on doive recourir à un moyen de consolidation mécanique et sans qu'il ne subisse une séparation importante de ses constituants.

8.2.2 Matériaux

Les constituants de ce béton tels que l'eau, le ciment ou le liant, les granulats et les adjuvants utilisés doivent être conformes aux exigences de ce devis.

La dimension nominale maximale des granulats est fonction de l'application particulière et est habituellement limitée à 20 mm.

8.2.2.1 Ciment ou liant hydraulique

Les ciments utilisés dans la fabrication du béton autoplaçant sont généralement des ciments composés ternaires du type GUb ou MHb ou LHb avec certaines proportions de cendres volantes ou de laitiers de haut fourneau et de la fumée de silice. Le ciment type LH-HQ (20M) peut également être utilisé.

Le ciment LH-HQ (20M) doit être conforme à la spécification SN-26.2. Pour tous les autres types de liants, ciments ou ciments hydrauliques composés, ils doivent être conformes à la norme CAN/CSA A3000 « Compendium des matériaux liants ».

Seuls les ajouts cimentaires de type F, SF et S conformes aux exigences de la norme CAN/CSA A3000 sont autorisés par Hydro-Québec.

Note : F : cendres volantes de type F avec une faible teneur en oxyde de calcium

SF : Fumée de silice

S : Laitier granulé de haut fourneau moulu

8.2.2.2 Adjuvants chimiques

Les adjuvants utilisés dans le béton ne doivent contenir aucun chlorure; de plus, les adjuvants conformes à la norme ASTM C 494 du type C ou E (accélérateurs de prise) sont interdits.

Seuls les superplastifiants de type 1 conformes à la norme ATSM C 1017 et les adjuvants réducteurs d'eau à grande efficacité de type F conforme à la norme ASTM C 494 peuvent être utilisés dans le béton autoplaçant.

Un agent colloïdal du type polysaccharide ou provenant d'un dérivé de cellulose doit être utilisé pour améliorer la viscosité et prévenir la ségrégation du béton. Les dosages sont les suivants :

- a) agent colloïdal du type polysaccharide : 0,050 à 0,075 % en masse du liant;
- b) agent colloïdal provenant d'un dérivé de cellulose : 130 ml/100 kg de ciment (dosage minimal).

De plus, les adjuvants chimiques doivent être compatibles entre eux et avec les agents entraîneurs d'air et avec les matériaux cimentaires.

8.2.3 Caractéristiques du béton autoplaçant

Le tableau 14 donne les principales caractéristiques du béton autoplaçant.

Tableau 14 – Caractéristiques du béton autoplaçant avec ciment de type GUb

Résistance à 28 jours, MPa ⁽¹⁾	Masse min. de ciment ternaire, kg/m ³ ⁽²⁾	Rapport eau/liant ⁽⁵⁾	Gros granulats volume maximal, litre/m ³	Teneur en air, %	Étalement, mm ± 50 mm ⁽³⁾	Écoulement, s maximum	Rapport volumique sable/pâte ⁽⁴⁾	Tassement, %
35	460 ⁽⁶⁾	0,35 à 0,40	330 (10 à 2,5 mm)	6-9	675	5	0,6 – 0,8	< 0,50
35	450	0,38 à 0,43	300 (20 à 5 mm)	5-8	625	8	0,6 – 0,8	< 0,50

⁽¹⁾ La résistance à la compression minimale à 48 heures doit être de 10 MPa.

⁽²⁾ La masse totale des ajouts cimentaires (cendre volante + fumée de silice + laitier de haut fourneau) ne doit pas être supérieure à 30 % de la masse totale du liant.

⁽³⁾ Les tolérances sur les valeurs spécifiées d'étalement ne s'appliquent qu'aux fins de contrôle.

⁽⁴⁾ Le rapport volumique sable/pâte est le rapport sable/(liant + eau + air)

⁽⁵⁾ Indique le rapport eau/liant minimum à maximum.

⁽⁶⁾ Le ciment type LH/HQ (20M) est autorisé

La température du béton autoplaçant doit respecter les exigences du tableau 11.

Hydro-Québec peut modifier certaines caractéristiques en fonction de l'utilisation du béton autoplaçant.

Les caractéristiques du réseau d'air entraîné dans le béton durci doivent rencontrer les exigences de l'article 4.3.3.2.

8.2.4 Dosage du béton autoplaçant

Tous les dosages des mélanges de type préensaché en usine doivent faire l'objet d'une fiche descriptive datée et signée par le responsable du contrôle de la qualité de l'Entrepreneur. Cette fiche doit être présentée avant la fourniture du béton. Les caractéristiques indiquées doivent être représentatives du béton qui sera mis en place et conformes aux exigences du devis.

Cette fiche doit comprendre les informations indiquées à l'article 4.3.5

À moins d'indication contraire d'Hydro-Québec, les formules de mélange du béton autoplaçant doivent être vérifiées en laboratoire et une coulée de convenance doit être réalisée avant le début des travaux.

Dans le cas des mélanges fabriqués en chantier, l'Entrepreneur est responsable du dosage des constituants du béton, à moins d'indications contraires dans le devis des clauses techniques particulières ou d'Hydro-Québec, selon l'article 4.3.5.

8.2.4.1 Méthode de dosage

Le dosage des mélanges de béton doit être effectué soit à l'aide d'une centrale de dosage ou d'une bétonnière mobile.

Les exigences de l'article 5.2 sont applicables.

Lorsque de faibles quantités de béton autoplaçant sont requises, l'entrepreneur peut utiliser un produit préensaché. À ce moment, seule l'eau est ajoutée au chantier en malaxant les ingrédients selon les recommandations du manufacturier. Les caractéristiques du tableau 15 doivent être rencontrées.

Lorsque des mélanges préensachés sont utilisés, le malaxage s'effectue en camion malaxeur ou avec un autre malaxeur efficace. La quantité d'eau de gâchage prescrite par le fabricant doit être ajoutée à la centrale de dosage en utilisant la balance à eau de celle-ci ou sinon en chantier et mesurée à l'aide d'un instrument précis rencontrant les exigences de ce devis.

Tableau 15 – Caractéristiques du béton autoplaçant en sac (préensaché)

Résistance à 28 jours, MPa	Type de ciment	Teneur en air, %	Étalement, mm	Écoulement, s maximum	Gros granulats, mm	Facteur d'espacement, μ m maximum
35	GUb-SF ou GUb-S/SF ou GUb-F/SF	5 – 9	650 \pm 50	6	2,5 – 10	300

8.2.5 Contrôle de la qualité

Le contrôle de la qualité du béton autoplaçant et de ses constituants doit rencontrer les exigences de l'article 4.4 de ce devis avec les ajouts et les changements qui suivent.

8.2.5.1 Essais sur le béton autoplaçant à l'état plastique

Les principaux essais sur le béton autoplaçant à l'état plastique, soit teneur en air, étalement, écoulement et température, doivent être réalisés selon les exigences qui suivent.

La méthode de détermination de la teneur en air du mélange doit être conforme à la norme CSA A23.2-4C « Détermination de la teneur en air du béton plastique par la méthode de pression d'air ». La méthode de détermination de l'étalement du béton autoplaçant à l'état plastique doit être conforme à la norme CSA A23.2-19C « Détermination de l'étalement du béton ».

La mesure de la température du béton plastique est effectuée selon la norme CSA A23.2-17C « Détermination de la température du béton de ciment hydraulique frais ».

Lorsqu'exigé par Hydro-Québec, la mesure du temps de l'écoulement s'effectue selon la méthode suivante. La durée d'écoulement est déterminée à l'aide d'un entonnoir en acier rempli de béton. Les dimensions de l'entonnoir sont les suivantes :

- a) section supérieure : 500 mm x 75 mm;
- b) section inférieure : 75 mm x 75 mm ;
- c) hauteur totale : 575 mm;
- d) parois latérales inclinées sur une hauteur de 425 mm à partir de la section supérieure de façon à former une section de 75 mm x 75 mm sur une hauteur de 150 mm;
- e) l'entonnoir est conçu avec une porte étanche pouvant s'ouvrir rapidement (guillotine).

L'entonnoir est rempli jusqu'à sa pleine capacité. La porte est ensuite ouverte rapidement. Le temps de l'écoulement commence au moment de l'ouverture de la porte et se termine lorsque l'écoulement de béton n'est plus continu. Le temps de l'écoulement est arrondi à la seconde prise.

Pour les essais de vérification de l'étalement, du pourcentage d'air et de la température du béton plastique, les deux premiers chargements sont vérifiés et si le béton est conforme aux exigences, une vérification est alors exécutée à tous les trois chargements. Si un chargement s'avère non conforme, le chargement suivant est vérifié, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il y ait deux chargements consécutifs qui soient conformes.

Les essais de vérification de la teneur en air, de la température et de l'étalement sont également réalisés lors de la confection des éprouvettes destinées aux essais de résistance à la compression.

Dans le cas où un superplastifiant est utilisé au chantier, l'étalement est mesuré avant et après l'ajout de cet adjuvant. La teneur en air est mesurée après l'ajout de cet adjuvant.

Lors de ces essais sur le béton à l'état plastique, l'Entrepreneur doit attendre les résultats avant de poursuivre le déchargement du camion.

Tout chargement non conforme aux exigences de teneur en air, d'étalement, d'écoulement ou de température est refusé.

Si requis au devis technique, des essais de tassement et de capacité de remplissage doivent être réalisés au chantier lors des travaux de bétonnage.

8.2.5.2 Confection des éprouvettes destinées aux essais de résistance à la compression

Les éprouvettes sont confectionnées selon la norme CSA A23.2-3C « Confection et cure des éprouvettes de béton destinées aux essais de compression et de flexion ». Les éprouvettes de béton expédiées du chantier au laboratoire doivent être transportées seulement après une période de cure de 40 à 48 heures dans les conditions prescrites à l'article 8.3 de la norme CSA A23.2-3C.

8.3 Mise en place du béton autoplaçant

La mise en place du béton autoplaçant doit être continue, sans arrêt afin de conserver les propriétés thixotropiques et d'éviter un raidissement du béton.

Le béton doit être mis en place à l'aide de chutes par gravité ou à l'aide d'une pompe à béton. Il est préférable de maintenir une faible pression hydraulique, ce qui favorise une autoconsolidation et un remplissage complet. Pour favoriser la mise en place, il peut être requis de marteler légèrement le coffrage ou d'utiliser un vibreur de petite dimension (25 mm). Pour éviter toute ségrégation, ce dernier doit être activé quelques secondes seulement à chaque point d'insertion.

L'expérience en chantier du béton autoplaçant a démontré que ce type de béton pouvait parfois présenter un léger tassement. Pour contrer ce phénomène, il est requis de porter une attention particulière et combler le tassement au besoin. Lorsque des boîtes de remplissage sont utilisées, il est conseillé de maintenir celles-ci partiellement remplies.

Dans le cas d'utilisation d'une pompe à béton, il faut éviter les pressions de pompage élevées.

Toutes les précautions doivent être prises afin d'éviter la ségrégation du béton. Lorsque la hauteur de chute libre dépasse 1,5 m, le béton doit être acheminé dans le coffrage à l'aide de conduits tubulaires verticaux. La distance entre les points de chute doit être inférieure à 5 m.

Dans certains cas, des difficultés peuvent se présenter durant le finissage secondaire des surfaces horizontales du béton par finissage répété à la truelle d'acier.

8.4 Cure du béton

La cure du béton doit être effectuée selon les exigences de l'article 7.4.

8.5 Coffrages

Les coffrages doivent respecter les exigences de l'article 6.5. De plus, l'entrepreneur doit tenir compte des caractéristiques de grande fluidité de ce béton dans le calcul de la résistance des coffrages et dans le maintien de leur étanchéité. Ces derniers doivent être conçus de façon à supporter les charges sur leur pleine hauteur (full liquid head). Ce type de béton crée des pressions hydrostatiques élevées sur les coffrages et l'entrepreneur doit le prévoir à moins qu'il ne soit démontré qu'une résistance à des pressions plus basses est acceptable.

9. Démolition du béton

9.1 Généralités

Ce chapitre vise la démolition totale ou partielle d'ouvrages, de structures, d'éléments de structure ou de sections d'éléments, de béton dégradé, de béton sain ou de béton non conforme. Il peut s'agir d'un ouvrage neuf ou encore existant depuis plusieurs années.

Avant le début des travaux, l'Entrepreneur doit présenter à Hydro-Québec pour approbation un dossier complet sur la méthode de démolition comprenant entre autres tous les dessins et documents, ainsi qu'une description détaillée de l'équipement utilisé, de la méthode d'échafaudage, de la méthode de contrôle du bruit et de la poussière. Il doit démontrer la faisabilité de cette méthode de démolition avec le même matériel, équipement, échafaudage, etc., lors d'un essai en chantier réalisé au minimum 30 jours avant le début des travaux.

Si les résultats de cette démonstration ne rencontrent pas les exigences d'enlèvement du béton spécifiées aux dessins et au devis, une autre méthode, doit être présentée à Hydro-Québec pour approbation et être à nouveau essayée au chantier jusqu'à ce que les exigences spécifiées soient rencontrées.

Les travaux de démolition comprennent l'enlèvement du béton structural, du béton projeté, du béton sans gros granulats (coulis, mortier, etc.) et de tout autre matériau de même nature ainsi que l'enlèvement et la disposition des pièces encastrées, des treillis métalliques, des aciers d'armature, des membranes et tout autre matériau se trouvant dans les zones de béton démolies et qui ne sont pas conservées.

9.1.1

Le béton dégradé ou non conforme doit être enlevé jusqu'au béton sain et conforme aux exigences à moins d'indications contraires aux dessins et devis ou suivant les instructions d'Hydro-Québec. L'Entrepreneur doit prendre toutes les précautions nécessaires pour assurer que le béton à conserver ne soit pas endommagé lors des travaux.

Hydro-Québec peut en tout temps limiter la démolition du béton non sain ou non conforme d'un élément. De même, l'Entrepreneur doit aussi s'attendre à démolir une certaine quantité de béton sain ou conforme pour atteindre les dimensions de démolition indiquées aux dessins ou tel que requis par Hydro-Québec.

9.1.2

Avant de procéder à la démolition du béton, l'Entrepreneur doit consulter les dessins et s'assurer par des méthodes non destructives de l'emplacement exact des barres d'aciers d'armature, des câbles de précontrainte, des conduites électriques et de toute autre pièce enfouie dans le béton. L'Entrepreneur doit également prendre toutes les précautions nécessaires pour ne pas endommager ces éléments lors des travaux de démolition.

9.1.3

L'Entrepreneur doit repérer et protéger tous les réseaux d'utilité publique. De plus, à moins d'avis contraire d'Hydro-Québec, les réseaux devront demeurer en bon état de fonctionnement.

9.1.4

L'Entrepreneur doit tenir compte de l'exploitation de l'ouvrage durant les travaux de démolition.

9.1.5

L'Entrepreneur doit planifier la démolition des différents éléments de façon à ne pas compromettre la stabilité de la structure. Hydro-Québec se réserve le droit de modifier la séquence de démolition s'il le juge nécessaire.

9.1.6

L'Entrepreneur doit s'assurer que l'équipement utilisé soit en bon état de fonctionnement et qu'il n'y ait pas de projection qui salisse les surfaces à conserver, soit par des fuites d'huile ou d'autres substances. Tout l'équipement non conforme à cette exigence doit être immédiatement retiré du chantier.

9.1.7

L'Entrepreneur doit mettre à la disposition d'Hydro-Québec les moyens d'accès et l'équipement nécessaire leur permettant de déterminer et de délimiter conjointement les zones à réparer et de vérifier les zones réparées par sondage au marteau.

9.1.8

L'Entrepreneur doit prévoir des échafaudages munis de dispositifs propres à protéger le personnel, le public et l'équipement ainsi qu'à prévenir la chute de débris de béton ou autres matériaux. Sa méthode doit être acceptée par Hydro-Québec.

9.1.9

L'Entrepreneur doit limiter le plus possible la poussière et le bruit produits par les travaux, ainsi que les inconvénients causés aux occupants des lieux.

9.1.10

L'Entrepreneur doit fournir les écrans pare-poussière, les bâches, les garde-corps, les éléments de support et les autres dispositifs de protection nécessaire. Il doit également protéger les appareils et les installations mécaniques et électriques.

9.1.11

L'Entrepreneur doit évacuer et disposer de tous les matériaux provenant des travaux de démolition, le tout conformément aux normes environnementales en vigueur.

9.1.12

Aucun travail de démolition ne doit être entrepris avant qu'Hydro-Québec n'ait procédé à une inspection et donné l'autorisation écrite de commencer.

9.2 Matériel et équipement

Le choix de l'équipement de démolition doit être effectué en fonction de l'objectif à atteindre pour chaque projet. L'objectif général est d'enlever seulement le béton non sain ou non conforme, de limiter l'énergie de démolition afin de ne pas endommager la structure existante, de donner une surface de contact favorisant l'adhérence avec le nouveau béton de réparation et de minimiser le volume de béton à enlever.

9.2.1

Les équipements autorisés pour la démolition du béton sont indiqués au tableau ci-après.

Tableau 16– Limitations de l'équipement de démolition

	Type d'équipement	Limitation ⁽¹⁾	Utilisation
Démolition partielle	Marteau pneumatique manuel	M < 30 kg Energie de choc (Ec) < 60 J Masse véhicule porteur < 1000 kg	À utiliser pour la démolition du béton au-dessus de la première nappe d'armature, sur tout élément où la démolition avec un marteau de 15 kg n'est pas requise
		M < 15 kg	À utiliser pour la démolition du béton au-dessus de la première nappe d'armature des poutres, des diaphragmes, des colonnes, des socles d'appui, des chevêtres et autres éléments minces ou élancés, et pour la démolition du béton vis-à-vis et sous la première nappe d'armature, sur tout élément où la démolition avec un marteau de 7 kg n'est pas requise.
		M < 7 kg	À utiliser pour la démolition du béton vis-à-vis et sous la première nappe d'armature des poutres, des diaphragmes, des colonnes, des socles d'appui, des chevêtres et autres éléments minces ou élancés.
	* Hydraulique sur équipement motorisé	Ec < 200 J/max Masse du véhicule porteur < 1 500 kg	Pour la démolition du béton des côtés extérieurs d'un pont, des éléments en acier des joints de tablier et pour l'enlèvement d'un chasse-roue en acier ou autres.
	Scarificateur de surface	Largeur minimum 1 m	Dalle, parement où les armatures ne sont pas près de la surface.
	Hydrodémolition	-	Béton dégradé de résistance similaire.
Démolition complète	Scie à béton	-	À utiliser pour la démolition d'une dalle jusqu'à 100 mm des poutres et des diaphragmes.
	Marteau hydraulique sur équipement motorisé	Ec < 200 J Diamètre de la tige < 45 mm. Masse du véhicule porteur < 1 500 kg	À utiliser pour la démolition d'une dalle sur poutres en béton jusqu'à 300 mm des poutres et des diaphragmes et pour la démolition d'un trottoir ou d'un chasse-roue.
		Ec < 350 J Diamètre de la tige < 50 mm Masse du matériel motorisé < 3 000 kg	À utiliser pour la démolition d'une dalle sur poutres en acier jusqu'à 100 mm des poutres et des diaphragmes, pour la démolition des côtés extérieurs d'un pont jusqu'à 300 mm des poutres de rive en béton ou jusqu'à 100 mm des poutres de rive en acier ou pour la démolition d'une glissière en béton.

* Restriction : un marteau par rayon de 5 m

(1) Les limitations sont basées sur la masse (M), l'énergie de choc par frappe (Ec) et les dimensions de l'équipement

9.3 Méthodes de démolition

9.3.1 Marteaux pneumatiques manuels

L'hydrodémolition est une méthode permettant de démolir le béton avec une pression pouvant atteindre 70 MPa.

La tige utilisée sur les marteaux de démolition doit être pointue ou plane. Les tiges ciselées ne sont pas permises.

À la fin de l'enlèvement du béton dégradé sur le dernier tiers de l'épaisseur, les marteaux doivent être opérés à un angle compris entre 45° à 60° par rapport à la surface à démolir. Cette exigence ne s'applique pas pour les deux premiers tiers de l'épaisseur.

L'Entrepreneur doit utiliser les marteaux à un angle permettant d'enlever seulement le béton non sain ou non conforme et ainsi éviter d'agrandir inutilement la grandeur de la réparation.

9.3.2 Hydrodémolition

Préalablement aux travaux, l'Entrepreneur doit soumettre à Hydro-Québec pour approbation un plan d'exécution incluant les informations suivantes:

- a) type d'équipement;
- b) méthodes de contrôle et d'évacuation de l'eau de démolition;
- c) qualité de l'eau rejetée selon les normes environnementales;
- d) endroit de rejet des eaux et des résidus de démolition;
- e) écrans protecteurs;
- f) nettoyage des lieux;
- g) contrôle de la poussière et du bruit.

L'équipement d'hydrodémolition doit être automatisé afin d'assurer un contrôle précis du jet d'eau et maintenir une opération uniforme et continue. Cet équipement doit pouvoir nettoyer toute la rouille ou l'enrobage de surface des aciers d'armature.

L'Entrepreneur est responsable de la fourniture de l'eau et de tout autre matériel nécessaire au bon fonctionnement des travaux. Cette technique peut être rejetée par Hydro-Québec si la démonstration en chantier ne permet pas d'assurer que le béton soit enlevé de façon uniforme et sur la profondeur exigée.

L'essai en chantier est exécuté à deux endroits représentant chacun une surface individuelle de 30 m².

Le premier essai est exécuté sur du béton sain tel que déterminé par Hydro-Québec et le second essai s'effectue sur du béton dégradé.

Sur le béton sain, l'équipement d'hydrodémolition doit être calibré à des pressions différentes afin que le béton soit enlevé sur une épaisseur équivalente à plus ou moins la moitié du diamètre nominal maximal du gros granulat utilisé dans le béton.

Le même équipement est par la suite utilisé pour enlever le béton dégradé dans la deuxième zone d'essai. Suite aux résultats de cet essai, Hydro-Québec décidera de l'acceptation de cette méthode. Une fois acceptée, les paramètres de calibration doivent être maintenus durant toute la période des travaux à moins d'avis contraire d'Hydro-Québec.

Le nettoyage des aciers d'armature n'est pas requis lorsque le bétonnage est exécuté dans les 48 heures suivant la démolition par hydrodémolition.

9.3.3 Scarification

La scarification est une technique qui peut être utilisée lorsqu'aucune armature n'est présente près de la surface.

Avant d'utiliser cette méthode, la position des aciers d'armature ainsi que le recouvrement devront être déterminés par l'Entrepreneur avec précision à plusieurs endroits afin d'éviter qu'une barre d'acier d'armature soit arrachée durant les travaux.

Sur les surfaces horizontales, l'équipement utilisé doit être autopropulsé et monté sur chenilles ou pneus pleins et doit être pourvu d'un mandrin ainsi que d'un appareil de contrôle automatique des profils.

Les scarificateurs ne doivent pas excéder la charge de conception permise pour la structure concernée.

La surface est ensuite balayée mécaniquement pour enlever tout résidu de planage et laisser la surface propre.

9.3.4 Fracturation

La démolition du béton par fracturation doit être exécutée par action hydraulique lorsque applicable ou à l'aide d'un matériau chimique expansif avec l'approbation écrite d'Hydro-Québec.

La méthode détaillée (diamètre des trous, espacement, pression, profondeur, etc.) et toutes les informations pertinentes, doivent être présentées par l'Entrepreneur à Hydro-Québec.

9.3.5 Dynamitage

La méthode de dynamitage pour la démolition du béton n'est permise que sur approbation écrite d'Hydro-Québec. La méthode détaillée et toutes les informations pertinentes (diamètre des trous, espacement, profondeur, charge, etc. doivent être présentées par l'Entrepreneur à Hydro-Québec.

9.3.6 Sciage - Découpage

Le sciage permet de limiter les zones à démolir ou de réduire la dimension des éléments à démolir.

Les opérateurs doivent être qualifiés et si requis par Hydro-Québec, leur curriculum vitae doivent être soumis.

L'Entrepreneur est responsable de la fourniture de l'eau et du nettoyage des surfaces salies par cette opération.

9.4 Exécution des travaux de démolition

9.4.1 Généralités

L'Entrepreneur doit obtenir l'autorisation écrite d'Hydro-Québec avant de débiter les travaux.

L'Entrepreneur doit exécuter les travaux de démolition conformément aux exigences de la norme CSA S350, aux dessins et au présent devis. Les structures ou les parties de la structure à démolir sont montrées aux dessins et elles doivent être désignées sur les lieux par l'Entrepreneur et approuvées par Hydro-Québec.

Lorsqu'un élément en béton doit être partiellement démoli, les travaux de démolition doivent être délimités par un trait de scie.

9.4.2 Mesures de protection

L'Entrepreneur doit concevoir, fournir et installer tous les supports temporaires nécessaires pour supporter la structure affectée et les structures adjacentes au besoin. L'Entrepreneur doit soumettre à Hydro-Québec pour approbation la position et les caractéristiques des supports temporaires et des systèmes de protection s'il y a lieu, qu'il entend utiliser. Les dessins et les documents doivent être signés et scellés par un ingénieur, membre en règle de l'Ordre des Ingénieurs du Québec.

Si les travaux de démolition semblent constituer un danger pour le reste de la structure ou de l'ouvrage, l'Entrepreneur doit prendre les mesures de protection appropriées, arrêter les travaux et en aviser Hydro-Québec par écrit.

9.4.3 Travaux préparatoires

L'Entrepreneur doit inspecter le chantier afin d'examiner les conditions existantes et de repérer les éléments susceptibles d'être endommagés ou déplacés au cours des travaux de démolition.

Après avoir mis les éléments à découvert, l'Entrepreneur doit les inspecter afin de relever toute condition susceptible d'influer sur l'exécution des travaux.

Le fait de commencer les travaux de démolition signifie l'acceptation des conditions existantes.

L'Entrepreneur doit fournir et installer des supports en vue d'assurer l'intégrité structurale des éléments adjacents. Il doit également prévoir des dispositifs et envisager des méthodes destinées à protéger les autres éléments de l'ouvrage contre tout dommage.

L'Entrepreneur doit prévoir une protection pour les surfaces qui pourraient se trouver exposées aux intempéries par suite de la mise à découverts de l'ouvrage.

L'Entrepreneur doit garder les aires de travail exemptes d'eau.

9.4.4 Découpage

Les exigences de l'article 7.7.3.2 de ce devis s'appliquent.

9.4.5 Uniformité de la profondeur

Les exigences de l'article 7.7.3.2.1 de ce devis s'appliquent.

9.4.6 Exécution des travaux

L'Entrepreneur doit exécuter les travaux de démolition nécessaires à la réalisation de l'ouvrage.

La démolition du béton à l'aide de marteaux pneumatiques ou hydrauliques est interdite à moins de 5 m d'ouvrages récemment bétonnés dont le béton a une résistance inférieure à 70 % de la résistance spécifiée.

La profondeur du piquage doit atteindre le béton sain ou conforme et correspondre à celle définie aux dessins et au devis.

L'Entrepreneur doit veiller à ce que les aciers d'armature existants ne soient pas endommagés lors des travaux de démolition du béton. Si ces armatures sont brisées ou rendues inutilisables, l'Entrepreneur doit les remplacer en tenant compte du chevauchement nécessaire de celles-ci ou les joindre à l'aide d'accouplements ou encore les souder si les caractéristiques de l'acier le permettent et en conformité avec les exigences de la norme CSA A23.1-09.

Si lors du piquage une barre d'acier d'armature devient apparente sur plus de la moitié de son diamètre et sur plus de 300 m de longueur, elle doit être dégagée complètement sur la partie apparente.

À la demande d'Hydro-Québec, l'acier d'armature doit être enlevé à l'aide d'outils mécaniques (scie, etc.). L'enlèvement ou le découpage des barres d'acier d'armature lorsqu'elles interfèrent avec les travaux en cours doit être autorisé en écrit par Hydro-Québec.

L'Entrepreneur doit aviser Hydro-Québec de toute perte de section évidente décelée sur l'acier d'armature lors des travaux.

Dans le cas d'éléments minces de moins de 300 mm d'épaisseur, si la profondeur de démolition à l'obtention du béton sain ou non conforme est supérieure à 50 % de l'épaisseur de l'élément, celui-ci doit être démoli sur toute son épaisseur.

L'Entrepreneur doit également :

- a) ajuster les différents éléments entre eux de manière qu'ils s'intègrent bien au reste de l'ouvrage;
- b) mettre l'ouvrage à découvert de manière à permettre l'exécution des travaux qui, pour une raison ou pour une autre, auraient dû être effectués à un autre moment ;
- c) enlever ou remplacer les éléments défectueux ou non conformes ;
- d) recourir à des méthodes qui n'endommageront pas les autres éléments de l'ouvrage et qui permettront d'obtenir des surfaces se prêtant aux travaux de réparation.

L'Entrepreneur doit utiliser des écrans protecteurs pour protéger les véhicules et l'environnement des poussières et de la projection de matériaux de démolition.

9.4.7 Vérification des travaux de démolition

Une fois terminés, Hydro-Québec doit vérifier si les travaux de démolition rencontrent les exigences de plans et devis.

9.5 Mesures des vibrations de démolition

Les vibrations provenant des travaux de démolition ne doivent pas endommager les structures en béton durci, le béton, le mortier et le coulis frais ainsi que toutes propriétés d'Hydro-Québec.

Dans le cas du béton, mortier et coulis frais les limitations de vibrations sont comme suit.

Âge du béton, mortier et coulis	Vitesse particulaire maximale permise
0 à 3 heures	50 mm/sec
3 heures à 3 jours	25 mm/sec
3 jours à 7 jours	50 mm/sec
7 jours et plus	80 mm/sec

10. Réparations du béton d'ouvrages existants

10.1 Généralités

Ce chapitre vise la réparation totale ou partielle d'ouvrages, des structures, d'éléments des structures ou d'une partie de ces éléments qui ne sont pas neufs.

L'emplacement de certains travaux de réparation, de même que le type de réparation sont identifiés aux dessins ou décrits au devis tandis que d'autres seront identifiés par Hydro-Québec sur le site en présence de l'Entrepreneur s'il y a lieu.

Les travaux de réparation pourront être modifiés par Hydro-Québec si l'état des structures diffère substantiellement des conditions connues initialement suite à une nouvelle inspection, à l'assèchement des ouvrages, à la démolition, au forage des trous ou à toute autre étape d'exécution des travaux.

Au cours de l'exécution, si l'Entrepreneur constate que l'état d'une structure existante ou d'une partie de la structure est tel que l'exécution de certains travaux s'avère inadéquate ou met en danger la stabilité de la structure ou la protection du personnel, l'Entrepreneur doit informer Hydro-Québec par écrit.

10.2 Exigences dimensionnelles

La profondeur de réparation doit respecter les critères suivants :

- de la dimension indiquée aux plans et devis;
- de l'enrobage en fonction de la condition d'exposition, de la dimension de l'acier d'armature, du treillis métallique et des ancrages;
- du dégagement sous l'acier d'armature existant soit 50 mm;

- d) la profondeur minimale de réparation est de 100 mm et de 200 mm dans le cas d'un passage hydraulique et d'un élément de masse sans toutefois dépasser 300 mm de profondeur.

Si les barres d'acier d'armatures sont corrodées, et à la demande d'Hydro-Québec, l'Entrepreneur doit ajouter des barres d'armatures additionnelles respectant les exigences de chevauchement. Si requis, la réparation doit être agrandie afin de rencontrer les exigences de chevauchement.

Dans le cas où l'enrobage de l'armature ne peut respecter les exigences du devis, Hydro-Québec peut exiger une surépaisseur de béton afin de respecter ces exigences. Ce mode de réparation avec surépaisseur n'est pas applicable dans les passages hydrauliques ou autres zones jugées esthétiques.

10.3 Exigences des liants, ajouts et acier d'armature

10.3.1 Utilisation des ciments

Les ciments et ajouts cimentaires suivants conformes à la norme CSA A3000-08 " Compendium des matériaux liants" peuvent être utilisés;

- a) GUb, MHb et LHb binaire avec cendres volantes classe F ou laitier sans fumée de silice
- b) GUb, MHb et LHb ternaire avec cendres volantes classe F ou laitier avec fumé de silice
- c) GU, MH et LH ayant une teneur en alcalis inférieure à 0,65 %

À moins d'indication contraire de la part d'Hydro-Québec, l'usage des ciments portland au calcaire (désignation L) est interdit.

10.3.2 Utilisation de bétons préensachés

Les bétons préensachés doivent être approuvés par Hydro-Québec avant leurs utilisations.

10.3.3 Utilisation d'acier d'armature

Lorsqu'aucune barre d'acier d'armature n'est présente sur la profondeur de la réparation, des barres d'acier d'armature ou des treillis métalliques d'acier doivent être posés dans la zone à réparer à moins d'avis contraire d'Hydro-Québec.

Des aciers d'armature 15 M devront être utilisés à un espacement de 450 mm dans les deux directions tout en respectant le dégagement et le recouvrement minimum requis pour la mise en œuvre du béton. Les barres d'acier d'armature devront être posées en respectant les critères de recouvrement sans avoir recours à une surépaisseur de béton.

10.4 Exigences d'utilisation des ancrages et tirants

10.4.1 Généralités

Toutes les réparations doivent être ancrées au béton sain.

10.4.2 Ancrages

Les ancrages peuvent être de différents types tels que :

- a) ancrages mécaniques ;
- b) ancrages chimiques ;
- c) ancrages avec coulis de ciment.

Les ancrages et les goujons doivent être posés aux endroits indiqués sur les plans ou selon les indications données par Hydro-Québec.

Toute réparation doit comporter un nombre d'ancrages égal ou supérieur à 4 par m² avec un minimum de deux ancrages par réparation. Les ancrages doivent être situés à au moins 100 mm des côtés de la réparation. Ils doivent être en ligne ou en quinconce de façon à supporter et retenir uniformément le treillis métallique ou les barres d'acier d'armature.

La distance entre les ancrages ne doit pas dépasser 600 mm centre/centre dans les deux directions.

Les trous servant aux ancrages doivent être exécutés tels que présentés au tableau 17.

Tableau 17 – Résistance à l'arrachement minimal des ancrages

Ancre (type)	Trou d'ancrage dans le béton sain		Résistance à l'arrachement à 28 jours, kN
	Diamètre selon un scellement cimentaire / époxy, mm	Profondeur minimale, mm	
10 M	30 / 15	200	13
15 M	40 / 20	325	28
20 M	50 / 25	350	38

Dans le cadre des réfections, la notion de béton sain comporte trois types de substrat normalement rencontrés à la suite de la démolition du béton de surface. Selon l'expérience d'HQ l'approche suivante en fonction d'un béton structural ou de masse s'applique en ce qui a trait à la conception des ancrages et au recours à la surdémolition ou à la reconstruction lorsque requise;

Type 1 – Substrat ferme et intact;

Béton structural; ancrages tel que spécifié
Béton de masse; ancrages tel que spécifié

Type 2 – Substrat non délaminé; constituants solidement liés sans effritement de la pâte et perte de granulats significatif avec son creux lorsque sondé au marteau de géologue

Béton structural; démolir au béton ferme et intact et ancrages tel que spécifié
Béton de masse; aucune sur-démolition et ancrages tel que spécifié

Type 3– Substrat délaminé ou désagrégé; avec des effritements de la pâte et perte de granulats importants lorsque sondé au marteau de géologue;

Béton structural;

a) démolir au béton ferme et intact et ancrages tel que spécifié

b) reconstruction possible selon l'ampleur du béton délaminé ou désagrégé

Béton de masse;

Aucune sur-démolition mais la longueur des ancrages doit être augmentée de façon à obtenir la profondeur d'ancrage montrée au tableau 17 dans du béton répondant au béton de type 1 et/ou 2.

La profondeur, la localisation des forages et la longueur des tiges d'ancrage doivent être telles que montrées sur les plans ou requis par Hydro-Québec.

Les ancrages sont scellés dans le béton à l'aide d'un coulis ou mortier de ciment. Le rapport eau ciment doit être compris entre 0,38 et 0,42. Les coulis époxydiques ou autres doivent être approuvés par Hydro-Québec.

Les trous d'ancrages pour les surfaces verticales doivent être inclinés à 15° par rapport à la normale du plan de réparation. Le coulis ou mortier de ciment pour ancrages doit être préensaché et composé de ciment, d'eau et d'adjuvants. Ils doivent être éprouvés par le laboratoire des chaussées du ministère des Transports du Québec, approuvés par Hydro-Québec et répondre aux exigences suivantes;

a) Temps de prise finale : 7 heures maximum

b) Résistance à la compression minimale: 20 MPa (7 jours)

35 MPa (28 jours)

Les trous peuvent être forés à l'aide de foreuses à percussion ou rotatives et leur diamètre doit correspondre aux dimensions spécifiées au devis. Les trous doivent être nettoyés des débris produits par le forage. Lorsque les ancrages sont situés à moins de 300 mm de tout joint ou arête, le forage doit être réalisé avec un équipement rotatif avec diamants sans percussion.

Les trous doivent être protégés contre les obstructions ou le colmatage à l'aide de bouchon ou par un autre moyen accepté par Hydro-Québec. Les trous obstrués ou colmatés avant l'achèvement des travaux doivent être nettoyés ou remplacés par d'autres trous.

Des ancrages filetés devront être prévus afin d'exécuter des essais d'arrachement à l'aide d'un vérin hydraulique à la fréquence d'un essai par 200 m² de superficie de réparation.

L'Entrepreneur peut remplacer le système d'ancrage décrit plus haut par un système équivalent de même capacité, mais celui-ci doit alors être approuvé par Hydro-Québec.

L'Entrepreneur doit prendre les dispositions afin que ces ancrages ne soient pas sollicités durant la période de 24 heures suivant la mise en place.

10.4.3 Tirants

Les coffrages doivent être maintenus en place à l'aide de tirants préfabriqués, fixés au béton existant et rencontrant les exigences suivantes :

- a) profondeur d'ancrage de 200 mm dans le béton sain;
- b) diamètre des tirants 12 mm;
- c) espacement des tirants 600 mm c/c.

L'Entrepreneur doit vérifier si ces exigences sont suffisantes en fonction du type de béton, de la hauteur de coulée ou d'efforts non prévus.

10.5 Travaux préparatoires avant bétonnage

10.5.1 Nettoyage du béton – Propreté de surface

À la suite de la démolition du béton, les surfaces de contact devant être recouvertes de béton conventionnel ou de béton projeté doivent être nettoyées à l'aide d'un jet de sable. En milieu urbanisé, un jet d'abrasifs humides est exigé. Si l'hydrodémolition est utilisée comme méthode de démolition, ces exigences ne s'appliquent pas.

Le nettoyage des surfaces à l'aide d'un jet de sable permet d'améliorer l'adhérence entre deux bétons et également d'enlever toute particule non adhérente ainsi que toute trace de souillure ou de rouille pouvant être présente sur l'acier d'armature.

À la suite du nettoyage par un jet de sable, le nettoyage à l'eau est également requis.

Les surfaces de contact et les fonds de coffrages doivent être nettoyés à l'aide d'un aspirateur.

Dans le cas de nettoyage à l'eau sous pression, un jet d'eau de 20 mm de diamètre et d'une pression minimale de 700 kPa est utilisé. Si cette pression est supérieure à 1 000 kPa, elle est sujette à l'approbation d'Hydro-Québec.

L'eau utilisée pour le nettoyage doit être d'une qualité équivalente à l'eau entrant dans la fabrication du béton.

Les taches d'huiles ou de graisses doivent être nettoyées à l'aide d'émulsifiant et de détergent.

Dans le cas de bétonnage secondaire par exemple pour les rainures et seuils des vannes, le bouchardage doit être suivi d'un traitement au jet de sable. Les parois latérales du trait de scie ne doivent pas être sablées, elles doivent être préservées intactes.

L'Entrepreneur devra nettoyer la surface du béton de toute saleté, souillure, traces de rouille, particules détachées, huiles et graisses, à la satisfaction d'Hydro-Québec.

La majorité des défauts de non-adhérence ont été observés sur les surfaces mal nettoyées. La propreté est un élément essentiel permettant l'adhérence de deux bétons.

10.5.2 Nettoyage des barres d'acier d'armature existantes

Le nettoyage des barres d'acier d'armature existantes à la suite de la démolition du béton peut être exécuté par jet d'un mélange de sable et d'eau sous pression ou par hydrodémolition.

Le nettoyage doit permettre d'enlever la rouille et les fragments de béton qui n'adhèrent plus; il doit permettre aussi d'obtenir une surface rugueuse pour une meilleure adhérence au nouveau béton.

Les barres d'armatures qui portent encore une couche de rouille après le nettoyage ou suite à la démolition par hydrodémolition doivent être nettoyées à l'aide de grattoirs ou de brosses d'acier.

10.5.3 Humidification du béton

Le substrat devant recevoir le nouveau béton doit être saturé d'eau pour une période minimale de 3 heures avant la mise en place du béton.

L'eau en excès en surface du béton devra être enlevée par jet d'air sous pression ou à l'aide d'un aspirateur, 15 minutes maximum avant la mise en place du béton de façon à ce que le béton existant soit dans un état saturé mais superficiellement sec au moment de la mise en place du nouveau béton.

10.5.4 Agent de liaisonnement

Seul le coulis de ciment est accepté comme agent de liaisonnement. Il doit avoir un rapport eau/ciment (E/C) maximum de 0,40 et être placé à la brosse ou au balai à la surface du béton préhumidifié immédiatement avant la mise en place du béton.

Advenant le cas où l'agent de liaisonnement sèche avant la mise en place du béton, la surface devra être nettoyée de nouveau et une nouvelle application doit être effectuée.

Avec l'autorisation Hydro-Québec, une barbotine à base de ciment/latex peut être requise pour certains types de réparation, notamment lorsque le béton de réparation est situé sur un ouvrage ou une partie d'ouvrage exposé aux intempéries. Dans ce dernier cas, le type de latex doit être non réémulsifiable (latex acrylique ou styrène-butadiène).

Les agents de liaisonnement sont utilisés seulement dans les cas où l'application peut être efficace par exemple là où il n'y a pas d'acier d'armature.

10.6 Types

10.6.1 Réparations mineures

Ces réparations sont doivent être effectuées selon l'article 7.7.2 de ce devis.

10.6.2 Réparations linéaires

Ces réparations doivent être effectuées selon l'article 7.7.2.4 de ce devis.

10.6.3 Réparations majeures

Ces réparations doivent être effectuées selon l'article 7.7.7.3 de ce devis

10.6.4 Réparation par injection

Ces réparations doivent être effectuées selon l'article 10.8 de ce devis.

10.7 Méthodes de remplissage**10.7.1 Généralités**

Les exigences de l'article 7.7.4.1 de ce devis s'appliquent.

10.7.2 Béton conventionnel

Les exigences de l'article 7.7.4.2 de ce devis s'appliquent.

10.7.3 Béton autoplaçant

Les exigences de l'article 8.2 s'appliquent.

10.7.4 Béton projeté

Les exigences de l'article 8.1 s'appliquent.

10.8 Réparations de fissures ou joints par injection**10.8.1 Généralités**

Plusieurs facteurs influencent le choix de la procédure et le type de matériau d'injection. Voici un tableau résumé avec quelques-uns de ces facteurs avec les pressions d'injection normalement utilisées;

De façon générale, Hydro-Québec préconise l'utilisation d'un matériau à base de ciment portland de finesse normale ou encore un ciment micro-fin pour les fissures plus fines.

Dans le cas de fissures très fines, il peut être requis d'utiliser un matériau époxydique et celui-ci doit être adéquat en fonction des facteurs mentionnés ci-haut.

Dans le cas de fissures actives, on doit utiliser un matériau flexible par exemple un élastomère.

Pour bloquer certaines infiltrations d'eau, des matériaux tels que polyuréthanes peuvent être indiqués.

Hydro-Québec doit indiquer sur les plans, dans le devis ou au chantier les fissures qui doivent être obturées par injection.

L'obturation des fissures peut être réalisée par injection à l'aide de différents matériaux en fonction de la nature de la fissure, de l'état de son ouverture, de l'humidité ou de la présence d'eau.

Les types de matériaux et d'équipements à utiliser doivent être présentés par l'Entrepreneur à Hydro-Québec pour approbation, avec toutes les fiches descriptives et techniques. Des planches d'essais doivent être réalisées en chantier afin de démontrer l'efficacité des méthodes, des équipements et des matériaux utilisés.

Toutes les recommandations du fabricant doivent être respectées.

Tableau 18 – Procédure et type de matériau d'injection

Nature de la fissure	structurale ou non structurale				
État de la fissure :	active ou passive				
Ouverture	classification d'ouvertures de fissures		matériau d'injection fissure avec parois sèches	matériau d'injection fissure avec parois humides, avec ou sans infiltration *	Pression approximative (kPa)
	> 2 mm	large	coulis stable avec ciment GU ou HE	coulis cimentaire ou polyuréthane aqua-réactif hydrophobe**	70 à 350 7000
	1 à 2 mm	moyenne	époxy ou coulis avec ciment GU ou HE	époxy coulis cimentaire ou polyuréthane aqua-réactif hydrophobe**	350 70 à 350 7000
	< 1 mm	fine	époxy ou coulis stable avec micro-ciment	époxy ou polyuréthane aqua-réactif hydrophobe**	350 7000 70 à 350
	< 0,5 mm	très fine	époxy ou coulis stable avec ciment micro-fin	époxy ou polyuréthane aqua-réactif hydrophobe**	350 7000 70 à 350

* Lorsque requis des forages de contrôle d'infiltration d'eau doivent être réalisés avant l'injection

** L'injection au polyuréthane nécessite l'application d'une pression de confinement

L'obturation des fissures peut être réalisée par injection à l'aide de différents matériaux en fonction de la nature de la fissure, de l'état de son ouverture, de l'humidité ou de la présence d'eau.

Les types de matériaux et d'équipements à utiliser doivent être présentés par l'Entrepreneur à Hydro-Québec pour approbation, avec toutes les fiches descriptives et techniques. Des planches d'essais doivent être réalisées en chantier afin de démontrer l'efficacité des méthodes, des équipements et des matériaux utilisés.

Toutes les recommandations du fabricant doivent être respectées.

Les critères de refus basés sur la pression d'eau d'infiltration, l'état, la nature et l'ouverture des fissures ou joints, la viscosité des matériaux injectés, la température ambiante et du substrat doivent être approuvés par Hydro-Québec et présentés dans la méthode d'injection de l'entrepreneur.

La méthode d'injection doit inclure un programme de suivi d'injection comprenant, entre autres, la mise en plan et la localisation des différentes fissures ou joints traités, un tableau montrant l'état sec ou humide, la date, l'heure de début et de fin, le type de matériau d'injection, la pression d'injection, la quantité du matériau injecté, le ou les critères de refus et action réalisée lors du refus ainsi que la signature du technicien.

Les articles qui suivent donnent les procédures générales d'injection en fonction du type de matériau utilisé.

10.8.2 Préparation des fissures

Racler et nettoyer la surface des fissures, enlever toute matière plastique, métallique ou de bois qui recouvre les fissures à injecter.

Enlever toute accumulation de calcite et nettoyer la surface de la fissure en prévision de l'inspection et de l'injection.

Examiner la condition de la fissure et du substrat du béton avoisinant. Vérifier soigneusement le site afin de voir si des problèmes particuliers (béton poreux ou endommagé) risquent d'affecter les travaux de réparation.

Nettoyer et enlever le béton défectueux avant les travaux de préparation pour l'injection des fissures.

10.8.3 Injection au coulis de ciment

L'injection au coulis de ciment doit être effectuée avec les exigences qui suivent.

- a) forer des trous de 15 à 40 mm de diamètre à un angle inférieur ou égal à 45° afin de recouper le centre de la fissure;
- b) forer des trous adjacents, dont l'espacement mesuré le long de la fissure est égal à la demi-profondeur du mur de béton. Les trous adjacents peuvent être forés, ou en alternant d'un côté et de l'autre ou exceptionnellement d'un seul côté de la fissure dépendant des conditions de chantier;
- c) dans le cas de grand débit d'eau, forer les trous d'écoulement afin de drainer l'eau à l'écart de la fissure au besoin;
- d) à l'aide d'un jet d'eau et d'air sous pression, enlever toute trace de débris et de saleté du trou de forage.
- e) nettoyer proprement les trous d'injection.
- f) lors de l'injection, utiliser un jet d'air comprimé pour enlever l'eau stagnante du trou de forage. Le trou peut rester humide, pourvu que l'eau stagnante ait été enlevée.
- g) insérer et sceller les tubes ou raccords d'injection.
- h) installer les valves et événements de façon à ce qu'ils supportent la pression de l'injection.

- i) nettoyer l'intérieur des fissures à l'aide d'une solution à base d'acide phosphorique puis rincer à l'eau propre ou colorée à la demande d'Hydro-Québec pour la vérification du cheminement d'injection.
- j) conditionner les équipements d'injection et préparer le produit d'injection.
- k) utiliser un coulis d'injection stable. Le coulis d'injection stable est constitué de ciment, d'eau et d'un superplastifiant à raison de 1 % de la masse de ciment. Pour un sac de ciment de 40 kg, une quantité de 0,8 litre de superplastifiant (0,5 kg d'eau équivalent) est requise peu importe le rapport E/C qui peut varier en cours d'injection de 0,8 à 0,4. Ainsi, un coulis d'injection stable avec un rapport E/C = 0,50 aura par sac de ciment de 40 kg la composition suivante : 40 kg de ciment, 19,5 litres d'eau et 0,8 litre de superplastifiant (0,5 litre d'eau équivalent). Exemple de calcul d'un litre pompé en kg de ciment type HE utilisé pour E/C = 0,50 donc un coulis d'une masse volumique de 1 810 kg/m³ ;
$$\text{soit } 1,81 \text{ kg / litre} \times (40 \text{ kg} / (20 \text{ kg} + 40 \text{ kg})) = 1,21 \text{ kg de ciment / litre pompé}$$
- l) masse du coulis x (masse 1 sac de ciment / masse de l'eau + masse 1 sac de ciment utilisé)
- m) les critères de refus doivent être approuvés par Hydro-Québec et présentés dans la méthode d'injection

10.8.4 Injection à l'époxy

L'injection sera exécutée conformément aux exigences a) à j) citées dans l'article 10.8.3.

Le forage de trous de 10 mm de diamètre, à moins d'indication contraire, peut être exécuté soit à l'aide d'une perceuse à percussion ou d'une foreuse à couronne diamantée. Des obturateurs seront placés dans ces trous espacés à des distances égales à la plus petite des valeurs suivantes, soit l'épaisseur de la structure à injecter ou deux fois la profondeur de la fissure.

L'intérieur de ces trous et la surface adjacente aux fissures devront être lavés à l'eau suite au forage. Les fissures devront être exemptes d'huile, de graisses et de particules fines.

Les obturateurs dans les trous d'injection doivent être munis de soupapes d'arrêt étanches.

Les fissures doivent être colmatées en surface suite à l'installation des obturateurs.

Préalablement à l'injection, l'eau résiduelle dans les fissures devra être enlevée à l'aide d'un jet d'air comprimé à une pression de 700 kPa.

Il est interdit d'ajouter des solvants pour diminuer la viscosité de l'époxy. L'époxy doit être de type à deux composants. La durée de vie de l'époxy une fois mélangé, tel que décrit par le manufacturier, doit être d'au moins 30 minutes à 20 °C. Les pompes d'injection utilisées doivent pouvoir pomper et mélanger les résines selon les proportions prescrites par le fabricant d'époxy. Le bon fonctionnement du système de proportionnement des composantes doit être réalisé à chaque journée préalablement à l'injection.

L'injection des fissures s'effectue à partir du point le plus bas de la structure. Si l'époxy s'échappe par d'autres fissures adjacentes durant l'injection d'un trou, elles doivent être colmatées afin que l'époxy parcoure la plus grande distance possible dans la fissure sans changer de point d'injection.

L'injection doit être effectuée de façon continue sous la pression spécifiée et les critères de refus doivent être approuvés par Hydro-Québec et présentés dans la méthode d'injection. La pression doit

être mesurée au collet du trou. Les tubes et événements d'injection ainsi que le colmatage de surface pourront être enlevés lorsque la résine d'injection aura fait prise mais pas avant un délai de 24 heures.

L'Entrepreneur doit procéder à une vérification continue du produit d'injection et des équipements d'injection.

Hydro-Québec se réserve le droit d'effectuer des essais sur l'époxy afin de vérifier que l'époxy injecté corresponde aux caractéristiques du manufacturier.

Le degré de pénétration de l'injection sera vérifié par carottage par Hydro-Québec suite à l'injection.

Une carotte de 50 mm de diamètre sera prélevée pour chaque 30 m linéaire de fissure injectée.

10.8.5 Injection de polyuréthane moussant (fissures non structurales)

L'injection sera exécutée conformément aux exigences a) à j) citées dans l'article 10.8.3.

L'injection de résine s'effectue en trois étapes.

- a) injecter un maximum d'un litre d'eau dans chaque buse;
- b) injecter de la résine à basse pression dans les trous en alternant sur 4 à 5 buses afin de sceller des fissures;
- c) recommencer à nouveau l'étape 1, mais cette fois-ci en injectant une petite quantité d'eau dans chaque buse et en injectant de la résine sous une pression suffisante afin de remplir les fissures;
- d) enfin, afin de compacter la résine, injecter de l'eau dans les fissures et injecter la résine sous pression
- e) suite aux étapes de préparation et nettoyage de la fissure, injecter la résine sous pression en débutant par la première buse à injecter.
- f) passer un point d'injection à un autre lorsque la résine s'échappe de la buse adjacente.
- g) s'assurer que pour chaque buse injectée, le produit apparaisse à une hauteur égale ou supérieure à l'épaisseur du béton injecté.
- h) L'injection doit être effectuée de façon continue sous la pression spécifiée et les critères de refus doivent être approuvés par Hydro-Québec et présentés dans la méthode d'injection.

10.9 Vérification des réparations

10.9.1 Généralités

L'Entrepreneur doit permettre l'accès et fournir l'équipement requis pour la vérification des réparations immédiatement après la cure.

10.9.2 Méthode de vérification

La méthode de vérification généralement utilisée consiste à sonder toutes les surfaces à l'aide d'un marteau et à identifier le son obtenu.

Un son creux indique la présence de vides ou un manque d'adhérence entre le béton de réparation et le substrat.

Sur autorisation écrite d'Hydro-Québec, des carottes peuvent être prélevées afin de vérifier la nature des vides.

Toutes les non-conformités doivent être réparées à nouveau selon les exigences de ce devis.