

MISE À JOUR

MÉMO DE MISE À JOUR
MANUEL D'ENTRETIEN DES STRUCTURES

Date : Avril 2006

Version : Révision 2

Veuillez trouver ci-joint les plus récentes modifications apportées au manuel, bien vouloir retirer les pages actuelles et les remplacer par les pages révisées tel que décrit ci-après:

SECTION	RETIRER Page	AJOUTER Page	REMARQUES
Chapitre 2			
Entretien préventif			
Activités	Table des matières	Table des matières	Modification de titre : activité 1017 (harmonisation avec SGS-5016)
Chapitre 3			
Méthodes d'intervention			
Notions générales	Table des matières 3-1 à 3-47	Table des matières 3-1 à 3-48	- Modification de certains titres (sections 3.1 à 3.3) et autres modifications mineures. - Remplacement de « élément de fondation » par « unité de fondation ». - Mise à jour des notions sur les éléments en béton - Harmonisation avec normes et devis (retrait du béton type IV). - Ajout de notions sur les éléments en acier pour faciliter la préparation de projets. - Précisions et modifications dans les notions sur les joints de tablier pour tenir compte des considérations sismiques : - Reprise figure 3.4-2 : mouvements réels/théoriques - Modifications figure 3.4-4 : rotation de poutres - Retrait figure 3.4-5 : retenue latérale des poutres - Modification tableau 3.4-2 : retrait de plusieurs possibilités d'interventions - Précisions relatives à la numérotation et à la codification des activités. - Ajout d'une note recommandant une utilisation restreinte des croquis.
Section 3.6			

SECTION	RETIRER Page	AJOUTER Page	REMARQUES
Chapitre 3 (suite)			
Activités	Activités concernées	Activités concernées	▪ Changement de titre (harmonisation avec SGS-5016) : - Activités 2201, 3115, 3321 et 3411. ▪ Renumérotation des activités 4000 en activités 2000 et 3000 (harmonisation avec SGS-5016) : Les activités 4011, 4021, 4031, 4041, 4051, 4061, 4071 et 3349 deviennent les activités 2011, 2061, 2062, 2063, 3068, 3074, 3083 et 3005.
Chapitre 4 Relevés de dommages			
	Table des matières 4-9	Table des matières 4-9	▪ Précisions relatives à l'expertise de la dalle.
	4-31 à 4-40	4-31 à 4-40	▪ Précisions concernant les méthodes d'investigation utilisées pour les expertises au MTQ. ▪ Précisions relatives à la caractérisation de la peinture existante. ▪ Précisions relatives au radar et autres modifications mineures.
Chapitre 6 Devis spécial			
Section 6.4.3 Procédures d'utilisation des dessins types et plans types	6-15 à 6-18	6-15 à 6-18	▪ Modifications pour tenir compte des joints de tablier de type HSS et autres modifications mineures. ▪ Remplissage par-dessus dalle de transition (DE-102 et 104; PT1JT-104). ▪ Calibre de pierres - protection de semelle (DD-101).

CHAPITRE 2

ENTRETIEN PRÉVENTIF

TABLE DES MATIÈRES

2.1	GÉNÉRALITÉS	2-1
2.2	TYPES D'ENTRETIEN PRÉVENTIF	2-1
2.3	IMPORTANCE DE L'ENTRETIEN PRÉVENTIF	2-1
2.4	MISE EN ŒUVRE D'UN PROGRAMME D'ENTRETIEN PRÉVENTIF	2-2
2.5	DEVIS TYPE D'ENTRETIEN PRÉVENTIF	2-3
2.6	LISTE DES PRIX UNITAIRES	2-3
2.7	ACTIVITÉS	2-3

<u>1011</u>	<u>Nettoyage sous le tablier</u>
<u>1012</u>	<u>Nettoyage du dessus de tablier</u>
<u>1013</u>	<u>Balayage de chaussée</u>
<u>1014</u>	<u>Nettoyage de drains</u>
<u>1015</u>	<u>Nettoyage du système de drainage</u>
<u>1016</u>	<u>Nettoyage de l'intérieur de poutre-caisson</u>
<u>1017</u>	<u>Nettoyage d'unité de fondation</u>
<u>1018</u>	<u>Enlèvement de débris du cours d'eau</u>
<u>1031</u>	<u>Remplacement de garniture enclenchée d'un joint de tablier</u>
<u>1041</u>	<u>Resurfacement de l'enrobé</u>
<u>1051</u>	<u>Peinturage par retouches</u>
<u>1052</u>	<u>Peinturage par zone</u>
<u>1061</u>	<u>Imperméabilisation de surfaces de béton</u>
<u>1062</u>	<u>Recouvrement avec enduit de surface</u>
<u>1071</u>	<u>Enlèvement de végétation</u>

Figure 2.3-1 Coûts de réparation d'une structure

2-2

NETTOYAGE D'UNITÉ DE FONDATION

ACTIVITÉ
1017

DATE
2006-04-18

PAGE
1 de 4

RÉFÉRENCES

Normes du MTQ

- . Tome I – Conception routière, chapitre 2, article 2.3.1.7.

DESCRIPTION

Nettoyage de l'élément de fondation, des appareils d'appui et du système structural environnant pour enlever les accumulations de débris de toutes sortes et éliminer les sels de déglacage déposés en surface.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur les critères suivants :

A) Nettoyage des accumulations

Accumulation de sable, abrasifs, sels de déglacage, excréments d'oiseaux ou autres débris pouvant causer la détérioration d'un élément de fondation ou des surfaces environnantes du système structural, ou pouvant entraîner un mauvais fonctionnement des appareils d'appui.

B) Nettoyage des surfaces exposées aux sels de déglacage

Surfaces en béton de murs de front, en retour, en aile ou de soutènement, de fût ou de colonne exposées aux éclaboussures de sels de déglacage.

RÉCURRENCE

A) Nettoyage des accumulations

Pour les structures où d'importantes accumulations sont susceptibles de se produire au cours de l'hiver, le nettoyage des éléments de fondation sous le tablier est recommandé tous les ans, au printemps. Les éléments ou surfaces à nettoyer se retrouvent généralement sous un joint de tablier ouvert ou un tablier non étanche.

NETTOYAGE D'UNITÉ DE FONDATION

ACTIVITÉ
1017

DATE
2006-04-18

PAGE
2 de 4

Pour les structures où les accumulations sont moins susceptibles de se produire, le nettoyage d'élément de fondation est effectué au besoin, à la suite d'une inspection générale. Aux fins de planification, une récurrence de 3 ans est suggérée afin d'optimiser l'utilisation de l'équipement spécial requis pour les endroits difficiles d'accès.

B) Nettoyage des surfaces exposées aux sels de déglacage

Il est recommandé de nettoyer tous les ans, au printemps, les surfaces en béton qui sont exposées aux éclaboussures de sels de déglacage.

MÉTHODE DE TRAVAIL

A) Nettoyage des accumulations

1. Enlever, s'il y a lieu, les dépôts importants à l'aide d'une pelle, d'une brosse ou de tout autre équipement approprié.
2. Nettoyer les éléments à l'aide d'un jet d'eau sous pression. L'eau utilisée pour le nettoyage doit être claire et exempte de toute substance nuisible.

Pour réaliser un nettoyage plus efficace des surfaces de béton exposées aux sels de déglacage, il est recommandé d'ajouter à l'eau un produit (de type « Chlor-Rid ») qui augmente l'extraction des chlorures, selon un rapport de mélange d'au moins 1 : 100.

3. Si les circonstances l'exigent (ponts d'étagement en milieu urbanisé), disposer des résidus selon les normes du MTQ, Tome I, chapitre 2, article 2.3.1.7 « Règlement sur les déchets solides ».

Notes

- . Si un nettoyage complet du pont est nécessaire, il est recommandé de nettoyer le dessus de tablier (activité 1012) ainsi que les drains (activité 1014) avant de réaliser le nettoyage d'élément de fondation.
- . Le nettoyage des accumulations peut également être fait avec un jet d'air comprimé; un lavage à grande eau est requis par la suite pour enlever les sels de déglacage déposés en surface.
- . Il est suggéré de coordonner le nettoyage et l'inspection générale des endroits difficiles d'accès pour faciliter leur inspection tout juste après le nettoyage.

NETTOYAGE D'UNITÉ DE FONDATION

ACTIVITÉ
1017

DATE
2006-04-18

PAGE
3 de 4

- . Si des accumulations importantes d'excréments d'oiseaux doivent être enlevées, des mesures doivent être prévues pour assurer la sécurité des travailleurs.
- . Pour éviter des accumulations importantes d'excréments d'oiseaux, il est possible de planifier des interventions pour contrôler l'accès à certaines parties de la structure (par exemple : répulsifs, prédateurs, filets ou grillages).

B) Nettoyage des surfaces exposées aux sels de déglçage

Procéder au nettoyage des surfaces verticales à l'aide d'un jet d'eau sous pression de tous les murs, fûts ou colonnes, jusqu'à une hauteur minimale de 3 m au-dessus du niveau de la chaussée. L'eau utilisée pour le nettoyage doit être claire et exempte de toute substance nuisible.

Pour réaliser un nettoyage plus efficace des surfaces de béton exposées aux sels de déglçage, il est recommandé d'ajouter à l'eau un produit (de type « Chlor-Rid ») qui augmente l'extraction des chlorures, selon un rapport de mélange d'au moins 1 : 100.

Note

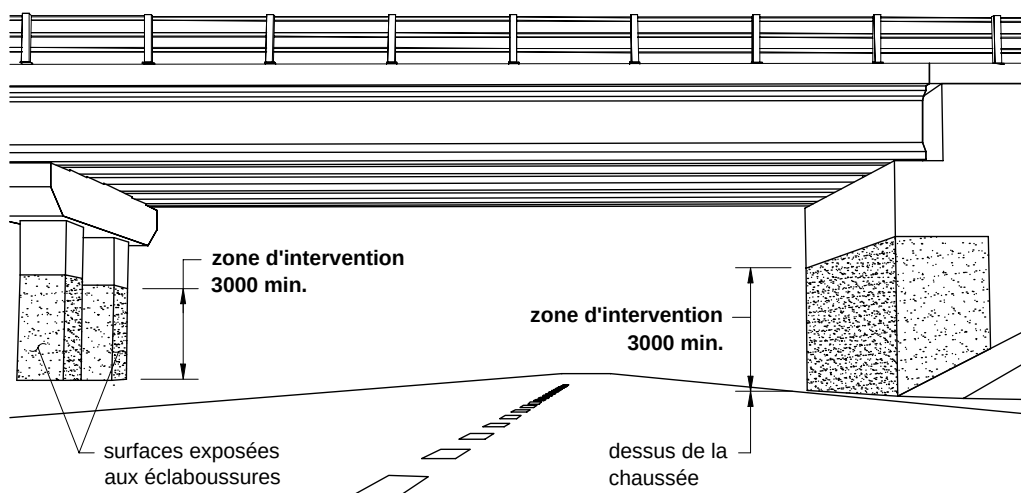
- . Les surfaces des poutres en béton exposées aux éclaboussures de sels de déglçage (surtout les poutres de rive) peuvent être incluses dans le nettoyage des éléments de fondation si l'équipement d'accès et la circulation le permettent.

NETTOYAGE D'UNITÉ DE FONDATION

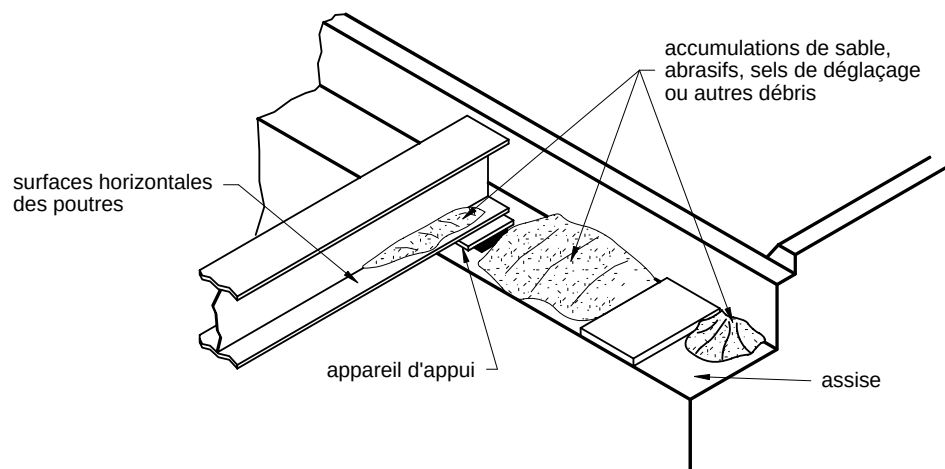
ACTIVITÉ
1017

DATE
2006-04-18

PAGE
4 de 4



SURFACES EXPOSÉES AUX ÉCLABOUSSURES DE SELS



ENLÈVEMENT DES ACCUMULATIONS

CHAPITRE 3

MÉTHODES D'INTERVENTION

TABLE DES MATIÈRES

3.1	NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES ÉLÉMENTS EN BÉTON	3-1
3.1.1	Défauts du béton	3-1
3.1.2	Méthodes de réparation du béton	3-2
3.1.3	Principes de réparation	3-4
3.1.4	Caractéristiques des équipements de démolition	3-15
3.1.5	Mesures environnementales	3-17
3.1.6	Caractéristiques des poutres de type AASHTO	3-17
3.2	NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES ÉLÉMENTS EN ACIER	3-19
3.3	NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES ÉLÉMENTS EN BOIS	3-22
3.4	NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES JOINTS DE TABLIER	3-23
3.4.1	Considérations générales	3-24
3.4.2	Mouvement des joints de tablier	3-26
3.4.3	Remplacement d'un joint de tablier	3-30
3.4.4	Joint dalle sur culée	3-32
3.4.5	Élimination de joint de tablier	3-33
3.4.6	Choix d'interventions sur les joints	3-36
3.5	NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES APPAREILS D'APPUI	3-44
3.5.1	Types d'interventions	3-44
3.5.2	Levage et support du tablier	3-45
3.5.3	Fixation du tablier	3-46
3.6	ACTIVITÉS D'ENTRETIEN	3-47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.4-1	Calcul du mouvement d'un joint de tablier	3-31
Tableau 3.4-2	Interventions sur joints de tablier	3-39

LISTE DES FIGURES

Figure 3.1-1	Poutres préfabriquées en béton précontraint de type AASHTO	3-18
Figure 3.4-1	Manchons pour services publics	3-24
Figure 3.4-2	Exemples de choix entre mouvement réel et théorique	3-27
Figure 3.4-3	Exemple de calcul théorique de mouvement	3-29
Figure 3.4-4	Élimination de joint de tablier – Mouvement de rotation des poutres	3-34
Figure 3.4-5	Modification de la fixité d'un appareil d'appui	3-35
Figure 3.4-6	Dispositions particulières de joints	3-38

LISTE DES ACTIVITÉS

ENTRETIEN COURANT

[2011 Réparation / remplacement de panneaux de signalisation](#)
[2021 Correction de remblai](#)
[2051 Correction d'épaulement d'un joint de tablier](#)
[2052 Correction d'élément en acier d'un joint de tablier](#)
[2053 Déblocage d'un joint de tablier](#)
[2061 Scellement de fissures de l'enrobé](#)
[2062 Rapiécage à l'enrobé](#)
[2063 Rapiécage au matériau granulaire](#)
[2071 Consolidation de glissière](#)
[2101 Enlèvement de fragments de béton](#)
[2131 Réparation temporaire de dalle](#)
[2201 Remplacement de boulons/rivets](#)
[2211 Remplacement de contreventement de banc / béquille en acier](#)
[2221 Remplacement de diaphragme / contreventement en acier](#)
[2231 Soudage du caillebotis](#)

Consolidation d'élément d'unité de fondation en bois

[2311 Rechargement de caisson en bois](#)
[2312 Consolidation de caisson en bois](#)
[2313 Remplacement de pièces de l'assise d'un caisson en bois](#)
[2314 Nivellement de l'assise d'un caisson en bois](#)
[2315 Consolidation de banc en bois](#)

[2316 Remplacement de pièces de cheville / contreventement d'un banc en bois](#)

Réparation / remplacement d'élément de système structural en bois

[2321 Ajout de longerons en bois](#)

Consolidation d'élément de tablier en bois

[2331 Fixation de traverses en bois](#)

[2332 Ajout de traverses en bois](#)

[2333 Correction de plancher en bois](#)

RÉPARATION

[3002 Levage du tablier](#)

[3005 Pose / réparation d'un gabarit](#)

[3011 Enrochement](#)

[3012 Correction du cours d'eau](#)

[3021 Stabilisation de remblai](#)

[3022 Protection de talus](#)

Réhabilitation sismique

[3025 Réhabilitation sismique](#)

Consolidation de fondation

[3031 Consolidation de fondation avec sacs sable-ciment / empierrement](#)

[3032 Consolidation de fondation par l'ajout de béton](#)

[3033 Consolidation de pieu](#)

[3034 Réparation de semelle](#)

[3035 Stabilisation de fondation](#)

Réparation / remplacement d'appareil d'appui

[3042 Réparation / modification des blocs d'assise](#)

[3043 Remise en position d'appareil d'appui](#)

[3044 Remplacement d'appareil d'appui](#)

[3045 Réparation d'appareil d'appui à rouleaux](#)

[3046 Remplacement d'appareil d'appui à rouleaux](#)

Remplacement / modification de joint de tablier

[3051 Remplacement d'un joint de tablier](#)

[3052 Joint dalle sur culée](#)

[3053 Élimination de joint de tablier à une pile](#)

[3054 Étanchement d'un joint longitudinal](#)

Activités diverses

- [3061 Réparation de trottoir, chasse-roue ou bande médiane en béton](#)
- [3062 Modification de drains](#)
- [3063 Réfection du système de drainage](#)
- [3064 Réparation de dalle de transition](#)
- [3065 Peinturage de la charpente métallique](#)
- [3066 Correction du profil à l'approche](#)
- [3067 Réfection de l'enrobé](#)
- [3068 Aménagement de l'approche](#)

Réparation / remplacement de glissière

- [3071 Réparation de glissière](#)
- [3072 Raccordement de glissière à l'approche](#)
- [3073 Remplacement de glissière](#)
- [3074 Réparation / remplacement de glissière à l'approche](#)

Réparation de mur de soutènement

- [3081 Réparation de mur de soutènement en béton](#)
- [3082 Réparation de mur de soutènement en maçonnerie](#)
- [3083 Réparation / remplacement de mur antibruit](#)

Réparation / remplacement de ponceau

- [3091 Réparation de ponceau en béton armé](#)
- [3092 Réparation de ponceau en acier](#)
- [3093 Remplacement de ponceau en acier](#)
- [3094 Réparation d'élément d'entrée / sortie d'un ponceau](#)

Réparation de béton

- [3101 Réparation avec coffrages sans surépaisseur](#)
- [3102 Réparation avec coffrages et surépaisseur](#)
- [3103 Réparation avec béton projeté](#)
- [3105 Réparation de béton sous l'eau](#)

Réparation / réfection d'élément d'unité de fondation en béton

- [3111 Réparation de culée en béton](#)
- [3112 Réparation de pile en béton](#)
- [3113 Réparation de béquille en béton](#)
- [3114 Réfection d'éléments de culée en béton](#)
- [3115 Réparation de fissure d'une unité de fondation en béton](#)

Réparation / réfection d'élément de système structural en béton

- [3121 Réparation de poutre / diaphragme en béton armé](#)
- [3122 Réparation d'extrémité de poutre en béton armé](#)
- [3123 Obturation de fissures par injection](#)
- [3124 Réparation de poutre en béton précontraint](#)
- [3125 Réparation de poutre-caisson en béton](#)
- [3126 Réfection de diaphragme en béton armé](#)
- [3127 Réparation d'éléments d'arc en béton armé](#)

Réparation de dalle en béton

- [3131 Réparation de dalle sur poutres et de dalle épaisse](#)
- [3132 Réparation de dessous de dalle épaisse](#)
- [3134 Réfection des côtés extérieurs de dalle sur poutres](#)
- [3135 Réparation du hourdis supérieur de poutre-caisson en béton](#)

Réparation d'élément en acier

- [3201 Remplacement de plaque d'assemblage en acier](#)

Réparation d'élément d'unité de fondation en acier

- [3211 Réparation de banc en acier](#)
- [3212 Réparation de béquille en acier](#)
- [3213 Réparation de chevêtre en acier](#)

Réparation / remplacement d'élément de système structural en acier

- [3221 Réparation / remplacement de profilé en acier](#)
- [3222 Remplacement de membrure de poutre triangulée en acier](#)
- [3223 Rehaussement de portique de poutre triangulée en acier](#)
- [3224 Ajout de diaphragme / contreventement en acier](#)

Réparation / remplacement d'élément de tablier en acier

- [3231 Ajout de traverses en acier](#)
- [3232 Remplacement de caillebotis](#)

Remplacement d'élément d'unité de fondation en bois

- [3311 Remplacement de caisson en bois](#)
- [3312 Remplacement de banc en bois](#)

Réparation / remplacement d'élément de système structural en bois

[3321 Remplacement d'entretoises / longerons en bois](#)

[3322 Réparation / remplacement de poutre ou diaphragme en bois lamellé](#)

Remplacement d'élément de tablier en bois

[3331 Remplacement de plancher en bois](#)

[3332 Remplacement de platelage en bois](#)

[3333 Remplacement de platelage en lamelles de bois](#)

Réparation / remplacement d'élément de pont couvert

[3341 Réparation d'une corde de poutre triangulée en bois](#)

[3342 Réparation d'un poteau de poutre triangulée en bois](#)

[3343 Réparation d'une diagonale de poutre triangulée en bois](#)

[3344 Ajustement / remplacement de tirants](#)

[3345 Réparation / remplacement de contreventement en bois](#)

[3346 Réparation / remplacement de la tôle de toiture](#)

[3347 Réparation / remplacement du lambris](#)

[3348 Peinturage du lambris](#)

[3411 Réparation d'unité de fondation en maçonnerie](#)

ACTIVITÉ DE RÉFECTION MAJEURE

[5003 Remplacement de la dalle](#)

3.1 NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES ÉLÉMENTS EN BÉTON

3.1.1 Défauts du béton

Les principaux défauts observables sur les éléments en béton, et décrits au chapitre 3 du *Manuel d'inspection des structures – Évaluation des dommages*, sont les suivants :

- l'écaillage;
- la désagrégation;
- la corrosion des armatures;
- le délaminage;
- l'éclatement;
- la fissuration.

Les défauts qui peuvent généralement être réparés en utilisant les méthodes classiques de réparation sont la désagrégation, la corrosion des armatures, le délaminage et l'éclatement.

3.1.1.1 Désagrégation

La désagrégation affecte un béton dont la teneur en air entraîné et la qualité du réseau d'air ne permettent pas de contrer les effets du gel. Cette carence est généralement associée à un béton poreux et dont la résistance en compression est inférieure à 25 MPa. Ces caractéristiques sont typiques du béton de la plupart des structures construites avant les années 60. Cependant, le béton de bonne qualité soumis de façon intensive à l'action de l'eau et des sels de déglacage peut aussi être affecté par ce défaut.

3.1.1.2 Corrosion des armatures

La corrosion des armatures est généralement associée à une trop faible épaisseur du recouvrement de béton (généralement inférieure à 15 mm). La prévention de la corrosion des armatures est un facteur important à considérer dans le choix d'une méthode de réparation.

3.1.1.3 Délaminage

Le délaminage peut être causé par la corrosion des armatures ou, dans le cas d'une dalle sur poutres, être la conséquence d'une faiblesse liée à la rigidité transversale du tablier.

Le délaminage résultant de la corrosion des armatures touche généralement la nappe d'armature la plus proche de la surface. Pour que la corrosion soit amorcée, la concentration en chlorures contenus dans le béton au niveau des armatures doit être supérieure à 0,03 % de la masse de béton (soit généralement 0,2 % de la masse de ciment).

Le délaminage d'une dalle sur poutres qui résulte d'une faiblesse liée à la rigidité transversale survient généralement en dessous de la nappe supérieure des armatures. Comme ce défaut est indépendant de l'activité corrosive, la concentration en chlorures contenus dans le béton au niveau des armatures peut être inférieure à la valeur nécessaire pour amorcer la corrosion. Ce type de délaminage se retrouve presque exclusivement sur les dalles sur poutres continues en acier de longue portée; celui-ci n'est pas un défaut de matériau et ne peut pas être corrigé par les méthodes classiques de réparation. La réparation doit viser à renforcer la rigidité de l'ensemble du tablier. Le problème devrait toujours être analysé par un ingénieur en structure, qui cherchera à évaluer si des correctifs peuvent être apportés pour améliorer le comportement de l'ensemble du tablier en vue d'augmenter la durabilité de la dalle.

3.1.1.4 Éclatement

Tout comme le délaminage résultant de la corrosion des armatures, l'éclatement affecte généralement un béton de bonne qualité; les mêmes méthodes de réparation s'appliquent donc au délaminage et à l'éclatement du béton.

3.1.2 Méthodes de réparation du béton

Trois méthodes de réparation du béton sont proposées :

- la réparation sans surépaisseur;
- la réparation avec surépaisseur;
- la réfection d'élément.

3.1.2.1 Réparation sans surépaisseur

La réparation sans surépaisseur consiste essentiellement à enlever le béton endommagé et à refaire les surfaces avec du béton, sans ajouter d'épaisseur à l'élément.

Cette méthode, qui est généralement employée pour réparer de petites surfaces, peut être utilisée pour réparer tous les éléments d'une structure et s'applique à :

- la réparation de la dalle;
- la réparation avec coffrages sans surépaisseur (avec un béton de masse volumique normale ou un béton autoplaçant);

- la réparation avec béton projeté.

L'utilisation de la réparation sans surépaisseur dépend de la qualité du béton de l'élément, de l'épaisseur du recouvrement de béton au-dessus des armatures ainsi que de son exposition à l'eau et aux sels de déglacage.

L'expérience a démontré que recouvrir un béton de mauvaise qualité d'une couche de nouveau béton avait pour effet de provoquer et d'accélérer la détérioration du béton existant entraînant, à court terme, la détérioration du béton réparé ou du béton adjacent.

La réparation sans surépaisseur de béton doit donc être utilisée seulement lorsque le béton à réparer est de bonne qualité, c'est-à-dire lorsque le taux d'absorption est inférieur à 6,5 % et la résistance en compression supérieure à 25 MPa.

Pour assurer l'efficacité de la réparation sans surépaisseur, il faut que les risques de développement d'autres défauts autour des surfaces réparées soient minimales. Ces risques augmentent d'autant plus que l'élément réparé est soumis à l'action de l'eau et des sels de déglacage ou que le recouvrement des armatures est faible.

La réparation sans surépaisseur ne devrait donc être utilisée que pour des éléments qui ne sont pas soumis à l'action de l'eau et des sels de déglacage et dont le recouvrement des armatures est supérieur à 30 mm.

3.1.2.2 Réparation avec surépaisseur

La réparation avec surépaisseur consiste essentiellement à enlever le béton endommagé et à construire une surépaisseur de béton armé, ancrée au béton existant.

Cette méthode peut être utilisée pour réparer tous les éléments d'une structure et s'applique à :

- la réparation avec coffrages et surépaisseur (avec un béton de masse volumique normale, un béton autoplacant ou un béton antilessivage);
- la réparation avec béton projeté.

Dans le cas d'une réparation avec coffrages et surépaisseur, l'efficacité de la réparation est indépendante de la qualité du béton de l'élément, car la force de retenue des ancrages et la résistance de la surépaisseur de béton lui assurent la durabilité voulue, même si la détérioration du béton de l'élément risque de se poursuivre sous la surépaisseur.

Dans le cas d'une réparation visant à augmenter le recouvrement de béton par-dessus l'armature, l'efficacité de la réparation dépend, tout comme pour une réparation sans surépaisseur, de la qualité du béton de l'élément et de l'épaisseur du recouvrement de

béton au-dessus des armatures. Les principes relatifs à une réparation sans surépaisseur doivent donc s'appliquer à une réparation visant à augmenter le recouvrement de béton par-dessus l'armature (avec béton projeté ou béton autoplaçant).

Il est recommandé de toujours vérifier l'effet de l'ajout d'une surépaisseur – d'une masse – de béton sur la capacité portante du tablier et des unités de fondation.

3.1.2.3 Réfection d'élément

La réfection d'élément consiste à démolir partiellement ou complètement un élément et à le reconstruire tout en conservant les caractéristiques structurales et géométriques originales. Généralement, l'armature dégagée lors de la démolition, et qui demeure rattachée à un élément à conserver, doit être préservée. À l'inverse, l'armature qui se retrouve détachée des éléments à conserver doit être remplacée.

Cette méthode est utilisée lorsqu'une réparation avec ou sans surépaisseur est impossible ou, du fait de l'ampleur des travaux à effectuer, lorsque le coût actualisé de la réfection est inférieur à celui d'une autre méthode de réparation.

3.1.3 Principes de réparation

La recherche et l'expérience démontrent que les travaux relatifs à une réparation de type « sans surépaisseur » doivent être effectués selon une procédure plus contraignante si on veut en assurer la durabilité.

L'approche est différente pour la réparation avec surépaisseur, puisque sa durabilité dépend beaucoup plus des caractéristiques structurales de la réparation que de la procédure d'exécution des travaux.

Pour les deux types de réparation, avec ou sans surépaisseur, les caractéristiques suivantes sont déterminantes :

- la délimitation des surfaces;
- la profondeur de démolition;
- le dégagement des armatures;
- l'intégrité des surfaces conservées;
- la détermination des procédés de démolition;
- la préparation des armatures;
- le nettoyage des surfaces de béton;
- le liaisonnement;
- les matériaux de réparation;

- la vérification de l'intégrité de la réparation;
- l'imperméabilisation des surfaces (s'il y a lieu).

3.1.3.1 Délimitation des surfaces

A) Réparation sans surépaisseur

La délimitation des surfaces à réparer a pour but d'empêcher l'éclatement du béton de contour au moment de la démolition. Les surfaces à réparer doivent avoir une forme carrée ou rectangulaire et excéder d'au moins 150 mm le pourtour des surfaces endommagées.

Le fait de réparer deux surfaces de béton proches l'une de l'autre a pour effet de concentrer l'activité corrosive entre ces deux surfaces, augmentant ainsi les risques de délaminage du béton dans cette zone. Pour empêcher cet endommagement prématuré, il convient d'intégrer les surfaces de béton détériorées situées à moins de 600 mm l'une de l'autre à l'intérieur d'une même surface à réparer.

Les surfaces doivent être délimitées par un trait de scie de 20 mm de profondeur pour protéger les surfaces adjacentes à conserver et constituer un épaulement suffisant pour le nouveau béton. On fera cependant un trait de moindre épaisseur pour éviter d'endommager les barres d'armature si elles se trouvent relativement près de la surface.

Les traits de scie ne doivent pas se croiser, car cette procédure risque de faire éclater le béton à conserver. On doit utiliser un marteau pneumatique manuel de 7 kg pour finaliser la démolition du béton près du point de rencontre des traits de scie.

B) Réparation avec surépaisseur

La réparation avec surépaisseur doit couvrir l'ensemble des défauts présents ou prévisibles. Toutefois, elle doit être réalisée sans modifier de façon inconsidérée l'esthétique de l'élément.

La surface à recouvrir doit être délimitée par un trait de scie de 10 mm de profondeur, soit la profondeur minimale de démolition.

3.1.3.2 Profondeur de démolition

A) Réparation sans surépaisseur

Il s'agit d'enlever le béton détérioré et d'obtenir un support de bonne qualité pour le béton de réparation ainsi qu'une épaisseur de béton suffisante pour assurer la durabilité de la réparation.

Généralement, pour une réparation sans surépaisseur, le béton devant être enlevé pour dégager les armatures est de bonne qualité. Si toutefois du béton de mauvaise qualité est rencontré, il faut aussi l'enlever jusqu'à ce qu'on atteigne le béton sain. Le béton sain est défini comme un béton non délaminé dont les constituants restent encore reliés entre eux sous l'impact d'un marteau de maçon ou de géologue.

L'épaisseur minimale recommandée pour la couche de béton de réparation varie de 80 à 100 mm, selon qu'un béton autoplaçant ou un béton de masse volumique normale est employé. Puisque l'on exige habituellement que la surface obtenue soit dans le même plan que les surfaces environnantes, la profondeur de démolition doit donc être aussi de 80 à 100 mm.

Cette profondeur peut cependant être réduite dans certains cas si la démolition risque d'affecter l'intégrité d'éléments fragiles, telles des poutres précontraintes.

Si la réparation fait appel à des coffrages, comme dans le cas de surfaces verticales, la profondeur minimale de démolition doit être respectée, afin que l'espace entre le béton existant et les coffrages soit suffisant pour permettre la mise en place du béton.

Pour la réparation avec béton projeté, ou avec béton autoplaçant visant à augmenter le recouvrement de béton par-dessus les armatures existantes dégagées, la profondeur minimale de démolition est de 60 mm.

B) Réparation avec surépaisseur

La démolition sur une profondeur minimale de 10 mm vise à enlever le béton désagrégé et à obtenir une certaine rugosité pour améliorer la friction entre les surfaces de contact. Une démolition minimale (bouchardage) suffit généralement pour obtenir cette rugosité de surface. Toutefois, tout le béton délaminé doit être enlevé.

Au-delà de la profondeur minimale de 10 mm, il n'est pas nécessaire de démolir le béton non délaminé qui ne s'enlève pas sous l'action d'un jet d'eau sous pression, car son enlèvement ne permet généralement pas d'améliorer de façon significative l'efficacité de la réparation.

3.1.3.3 Dégagement des armatures

A) Réparation sans surépaisseur

Les barres d'armature devenues apparentes par la démolition du béton doivent être dégagées.

Le dégagement consiste à enlever le béton contaminé autour des barres et à nettoyer le pourtour, pour mettre fin à toute activité de corrosion dans les limites de la réparation. Le fait de laisser une corrosion active sous le béton de réparation pourrait à la longue entraîner un délaminage.

Le dégagement des armatures permet également d'incorporer les barres au nouveau béton et d'améliorer ainsi la résistance de la réparation. Pour faciliter le nettoyage des armatures et permettre le passage des gros granulats du béton, il faut dégager le dessous des armatures d'au moins 25 mm.

B) Réparation avec surépaisseur

Les barres d'armature corrodées devenues apparentes par délaminage ou par démolition du béton ne doivent pas nécessairement être dégagées. Elles doivent cependant être nettoyées pour diminuer le plus possible l'activité corrosive.

Pour une réparation avec béton projeté ou une réparation avec béton autoplacant visant à augmenter le recouvrement par-dessus les armatures existantes dégagées, les barres d'armature devenues apparentes par la démolition du béton doivent être dégagées de 25 mm.

3.1.3.4 Intégrité des surfaces conservées

A) Réparation sans surépaisseur

La durabilité de la réparation dépend dans une large mesure de la qualité du lien qui unit le béton conservé au béton de réparation. La résistance de ce lien est très importante surtout pour des éléments sollicités en flexion comme une dalle. Dans ce cas, le lien à l'interface des deux bétons doit rétablir l'intégrité de l'élément, c'est-à-dire faire en sorte que le nouveau béton et le béton conservé forment un tout et participent ensemble à la transmission des charges.

La qualité du lien peut être diminuée de façon très importante par les microfissures produites à la surface du béton conservé par le matériel de démolition. Les chocs produits par les marteaux à percussion ont souvent pour effet d'ébranler les granulats, de briser le lien qui les unit et de créer une multitude de microfissures à la surface du

béton conservé. L'ampleur des dommages dépend de la résistance du béton et de la puissance des équipements utilisés pour la démolition.

De plus, les microfissures peuvent provoquer la dégradation du béton conservé et entraîner le délaminage du béton de réparation.

B) Réparation avec surépaisseur

Bien que le lien entre le béton conservé et le nouveau béton ne soit pas une condition essentielle à l'efficacité de la réparation avec surépaisseur, la démolition du béton doit être exécutée de façon à éviter l'apparition de microfissures à la surface conservée.

Pour une réparation avec béton projeté ou béton autoplçant visant à augmenter le recouvrement de béton par-dessus les armatures existantes, la qualité du lien à l'interface des deux bétons est aussi importante que pour une réparation sans surépaisseur.

3.1.3.5 Détermination des procédés de démolition

A) Réparation sans surépaisseur

Pour une réparation sans surépaisseur, la puissance et l'utilisation des équipements de démolition doivent être telles que :

- l'intégrité de l'élément ne soit pas compromise;
- la profondeur de démolition soit limitée à la profondeur prévue;
- les dommages dus aux vibrations transmises à l'élément ou aux armatures ne se propagent pas à l'extérieur des limites de la surface à réparer;
- les dommages produits à la surface du béton conservé soient réduits au minimum.

Les exigences relatives aux équipements de démolition sont donc surtout liées à l'efficacité d'enlever adéquatement le béton à démolir ainsi qu'aux conséquences des opérations sur le béton à conserver.

Ainsi, plus les risques d'endommager les parties de béton à conserver sont élevés, plus les restrictions d'utilisation de différents types de marteaux sont grandes. Pour illustrer ce principe, mentionnons par exemple l'exigence de réaliser une démolition partielle en utilisant une combinaison de marteaux, le plus puissant pour débiter la démolition et celui ayant une énergie plus limitée pour la finaliser.

Pour les travaux de démolition où le béton sous-jacent doit être conservé, les marteaux doivent être opérés à un angle variant entre 45° et 60° par rapport à la surface à démolir de façon à réduire au minimum les dommages produits à la surface. La largeur

de l'extrémité de l'outil associée au marteau ne doit pas dépasser le diamètre de la tige de l'outil. Cette restriction a pour but de concentrer l'efficacité d'impact à l'extrémité de la tige et de réduire ainsi les risques de microfissuration du béton à conserver.

Lors du dégagement des armatures, les marteaux doivent être manipulés avec soin pour éviter de provoquer l'éclatement du béton des surfaces hors de la surface à réparer.

L'hydrodémolition peut être choisie comme méthode de remplacement aux marteaux de démolition partout où cette technique est utilisable. L'hydrodémolition peut être utilisée s'il y a possibilité de récupérer sans trop de difficultés les résidus liquides provenant de la démolition, et si le bruit produit par ce type de démolition n'est pas trop contraignant pour l'environnement à proximité du chantier.

B) Réparation avec surépaisseur

Tous les procédés et principes de démolition relatifs à la réparation sans surépaisseur s'appliquent également aux réparations visant à augmenter le recouvrement de béton par-dessus les armatures existantes dégagées.

Toutefois, pour une réparation avec coffrages et surépaisseur, on peut procéder à la démolition minimale du béton sur une épaisseur de 10 mm au moyen d'une boucharde ou d'un équipement de broyage rotatif équivalent si le béton est de bonne qualité. Après cette démolition minimale, tout le béton de mauvaise qualité, c'est-à-dire qui se désagrège sous l'action d'un jet d'eau sous pression (pression 15 MPa, débit 20L/min, buse à jet circulaire concentré et distance buse-surface de béton 150 à 200 mm), doit être enlevé.

3.1.3.6 Préparation des armatures

A) Réparation sans surépaisseur

Les barres d'armature dégagées lors de la démolition du béton doivent être nettoyées non seulement pour enlever la rouille sur la surface des barres, mais aussi les chlorures se trouvant au fond des cavités produites par la corrosion. Le fait que les chlorures demeurent dans ces cavités suffit à entretenir une activité de corrosion, même si le béton qui enrobe les armatures n'en contient pas.

Le nettoyage de ces cavités peut difficilement s'exécuter à la brosse manuelle ou mécanique; le nettoyage à l'aide d'un jet d'eau haute pression ou par projection d'abrasif humide sont parmi les moyens les plus efficaces pour nettoyer les armatures. L'utilisation limitée d'un abrasif sec sans silice cristalline peut, dans certains cas, être une option envisagée.

La perte d'acier de chacune des barres dont la section a diminué de plus de 30 % sous l'effet de la corrosion doit être compensée par l'ajout d'une barre de même diamètre. Si plusieurs barres d'un même groupe présentent des pertes de section, il n'est pas nécessaire d'ajouter une barre à chacune d'elles. Il suffit dans ce cas de compenser globalement la perte d'acier, en ajoutant par exemple une barre additionnelle à chaque paire de barres existantes.

Pour établir la continuité entre une barre endommagée et une barre ajoutée, une jonction par chevauchement doit être réalisée. La longueur de chevauchement doit être d'au moins 600 mm pour des barres n^{os} 15 ou 20. Dans le cas de barres d'armature structurales ou ayant un plus gros diamètre, la longueur de chevauchement doit être déterminée par un ingénieur.

Une jonction par soudure ne doit jamais être réalisée sur des barres existantes sans avoir été approuvée par un spécialiste en métallurgie. Les barres d'armature des structures existantes sont la plupart du temps non soudables, car l'acier dont elles sont composées contient généralement trop de carbone.

Lorsque les surfaces à réparer sont importantes, on utilisera des cales d'espacement en plastique espacées de 1200 mm au maximum pour maintenir les armatures à la distance voulue des coffrages.

Lorsque les armatures de l'élément sont à moins de 50 mm de la face, elles doivent, si possible, être renforcées vers l'intérieur pour augmenter leur épaisseur de recouvrement. En aucun cas l'armature ne doit avoir un recouvrement inférieur à 30 mm. Si cette exigence n'est pas respectée, une réparation visant à augmenter le recouvrement par-dessus les armatures doit être envisagée.

B) Réparation avec surépaisseur

Les barres d'armature dégagées doivent être nettoyées à l'aide d'un jet d'abrasif humide ou d'un jet d'eau haute pression de manière à enlever au minimum toutes les strates et les couches de rouille non adhérentes.

Généralement, les barres d'armature avec une section diminuée par la corrosion n'ont pas à être remplacées, puisque la perte de section sera compensée par les nouvelles armatures disposées dans la surépaisseur de béton. Il peut arriver cependant que des barres d'armature structurales présentant des pertes de section commandent l'ajout de barres additionnelles. La décision de compenser ou non les pertes de section de ce type de barres doit être prise par un ingénieur.

3.1.3.7 Nettoyage des surfaces de béton

A) Réparation sans surépaisseur

La surface de béton conservé doit être nettoyée à l'aide d'un jet d'abrasif humide ou d'un jet d'eau haute pression afin de détacher les particules de béton détachables qui pourraient nuire à la liaison avec le nouveau béton, sauf si l'hydrodémolition est utilisée pour démolir le béton.

Les surfaces de béton conservé qui seront en contact avec le nouveau béton de réparation doivent par la suite avoir un nettoyage final à l'aide d'un jet d'eau sous pression afin d'enlever toute la poussière qui empêcherait le béton de réparation de mouiller et de pénétrer la surface de béton conservé, et qui nuirait ainsi à l'intégrité de la réparation.

B) Réparation avec surépaisseur

La surface de béton conservé doit être nettoyée de la même façon que pour une réparation sans surépaisseur.

3.1.3.8 Liaisonnement

L'humidification des surfaces avant la mise en place du nouveau béton permet d'assurer le liaisonnement des surfaces. Elle permet d'incorporer suffisamment d'eau au béton durci pour que celui-ci n'ait pas besoin de soutirer l'eau du béton frais, ce qui pourrait nuire à l'hydratation du ciment et donner un béton de moins bonne qualité au niveau de l'interface.

Par ailleurs, pour obtenir une bonne adhérence, le matériau de réparation doit être absorbé et intégré dans les pores du béton conservé. Ces pores ne doivent donc pas être remplies d'eau lors de la mise en place du béton de réparation.

Un béton saturé d'eau mais dont la surface est asséchée est donc la meilleure façon d'obtenir un liaisonnement de qualité.

De façon générale, l'emploi d'un agent de liaisonnement au latex ou à l'époxy n'est pas recommandé en raison des difficultés de mise en œuvre suivantes :

- en raison d'un séchage trop rapide, l'agent de liaisonnement peut créer un joint froid plutôt qu'un lien entre le béton conservé et le béton de réparation;
- l'agent de liaisonnement à l'époxy, en raison de son imperméabilité, peut avoir pour effet de concentrer l'humidité interne du béton au niveau de l'interface et provoquer ainsi le délaminage du béton de réparation.

3.1.3.9 Matériaux de réparation

Les principaux matériaux utilisés pour la réparation du béton sont :

- le béton lui-même :
 - le béton de masse volumique normale (norme MTQ 3101);
 - le béton autoplaçant (norme MTQ 3102);
 - le béton de ciment au latex (norme MTQ 3103);
 - le béton antilessivage (norme MTQ 3104);
 - le béton projeté par procédé à sec (norme MTQ 3201);
 - le béton projeté par procédé humide (norme MTQ 3301);
- les armatures (norme MTQ 5101);
- les imperméabilisants à béton (norme MTQ 3601);
- les doublures de coffrage (norme MTQ 31001).

3.1.3.9.1 Béton de réparation

a) Réparation sans surépaisseur

Les caractéristiques de résistance à la compression du béton de réparation doivent se rapprocher le plus possible de celles du béton de l'élément à réparer, car la compatibilité entre les deux bétons est importante pour assurer la durabilité du lien entre eux. Une différence importante entre les modules d'élasticité ou les coefficients de dilatation thermique peut entraîner des efforts qui, lors du passage des charges ou à la suite de changements de température, pourraient briser le lien qui unit les deux bétons.

De même, une différence de perméabilité peut constituer une barrière à la diffusion de l'eau dans la masse et faire en sorte que l'humidité interne du béton se concentre à l'interface. La présence d'humidité à cet endroit peut provoquer la détérioration du béton situé de part et d'autre de l'interface ou le délaminage du béton de réparation.

La réparation sans surépaisseur peut être réalisée en utilisant :

- le béton projeté par procédé à sec lorsque les surfaces à réparer sont peu importantes ou pour réparer des surfaces au plafond (dessous de chevêtre, dessous de dalle épaisse, etc.);
- le béton projeté par procédé humide lorsque les surfaces à réparer sont importantes;
- le béton de masse volumique normale de type V (35 MPa, avec fumée de silice) pour la réparation de dalle et de tout élément où la mise en place de ce type de béton est facilement réalisable;
- le béton autoplaçant lorsque l'utilisation d'un béton de masse volumique normale est problématique : surfaces à réparer difficiles d'accès, difficultés de consolidation du béton, élément fortement armé.

b) Réparation avec surépaisseur

La réparation avec surépaisseur peut être réalisée en utilisant :

- le béton de masse volumique normale de type V (35 MPa, avec fumée de silice) pour la réparation de tout élément où la mise en place de ce type de béton est facilement réalisable;
- le béton projeté par procédé humide lorsque les surfaces à réparer sont importantes. Il est à noter que l'épaisseur totale de réparation devrait être inférieure à 200 mm, car au-delà de cette épaisseur, le béton projeté par procédé humide s'avère moins économique que le béton coulé en place;
- le béton autoplaçant lorsque l'utilisation d'un béton de masse volumique normale est problématique : surfaces à réparer difficiles d'accès, difficultés de consolidation du béton, élément fortement armé;
- le béton antilessivage lorsque la réparation des éléments doit s'effectuer sous l'eau;
- le béton au latex, généralement pour des chapes sur dalle.

c) Généralités

Pour le béton de masse volumique normale, il est recommandé d'utiliser un gros granulat de calibre 5-14 lorsque l'épaisseur de béton à mettre en place est faible (de l'ordre de 100 mm) et que le dégagement à l'arrière des armatures restreint le passage du béton.

Lorsque la température extérieure est inférieure à 15 °C, on peut utiliser un ciment de type 30 pour obtenir une résistance initiale plus élevée et assurer la remise en service rapide d'une route. Une attention particulière doit être cependant apportée à la cure pour éviter la formation de fissures.

L'ajout d'un superplastifiant au mélange de béton de masse volumique normale permet de faciliter la mise en place du béton. L'usage de superplastifiant est recommandé pour tous les types de réparation.

L'utilisation d'une doublure à l'intérieur des coffrages est recommandée pour le bétonnage d'éléments exposés aux sels de déglacage (tels glissières, surfaces verticales d'unités de fondation situées à proximité d'une voie de circulation...). Cet ajout permet d'obtenir une surface finie moins poreuse, plus résistante à la pénétration des chlorures, et qui ne présente pas de petites cavités (bulles, yeux).

Dans le cas de béton autoplaçant, les coffrages doivent être neufs, parfaitement étanches et suffisamment rigides pour pouvoir résister à la poussée d'un béton très fluide. L'utilisation de doublures de coffrages n'est pas nécessaire avec le béton autoplaçant, car ce dernier remplit efficacement les petites cavités à la surface des coffrages et présente un fini moins poreux qu'un béton normal.

Si la mise en place du béton autoplaçant est faite au moyen d'une pompe à béton, le type d'équipement utilisé ainsi que la configuration de la ligne de pompage doivent être analysés pour éviter la ségrégation du béton. Ainsi, la ligne de pompage doit toujours rester pleine pendant le pompage et se terminer par une section réductrice de 75 mm.

La mise en place du béton antilessivage doit être effectuée au moyen d'une pompe. Ce type de béton doit être placé dans un environnement confiné; ainsi, l'extrémité de la ligne de pompage doit demeurer dans le béton fraîchement mis en place tout au long du bétonnage. La coulée ne doit pas être interrompue une fois qu'elle a été amorcée. Tout comme pour le béton autoplaçant, la configuration de la ligne de pompage doit permettre d'éviter la ségrégation et se terminer par une section réductrice.

3.1.3.9.2 Armature

L'acier d'armature doit être de nuance 400W.

Pour les éléments de moins de 6 m de longueur, les barres d'armature doivent être d'une seule longueur. Pour les éléments plus longs, la longueur minimale des barres doit être de 6 m sauf pour la dernière barre chevauchée qui peut être plus courte.

La longueur minimale de chevauchement nécessaire pour établir la continuité des barres d'armature ne doit pas être inférieure à 600 mm. Dans le cas d'armature structurale, la longueur de chevauchement doit être calculée par un ingénieur.

Dans le cas d'une réparation en béton projeté, un treillis d'acier à mailles soudées galvanisé (51 x 51 – MW 9,1 x MW 9,1, diamètre nominal 3,4) doit être utilisé.

Pour la réparation avec surépaisseur d'éléments de structure fortement exposés aux sels de déglacage, l'armature de la réparation devrait être galvanisée.

3.1.3.10 Vérification de l'intégrité de la réparation

Les surfaces réparées doivent être sondées à l'aide d'un marteau pour vérifier s'il existe des défaillances après la cure du béton. La production d'un son creux est signe d'une mauvaise adhérence à l'interface des deux bétons pour une réparation sans surépaisseur, et signe d'une présence de vide pour une réparation avec surépaisseur.

3.1.3.11 Imperméabilisation des surfaces

Il est recommandé d'imperméabiliser l'ensemble des surfaces d'un élément qui a fait l'objet d'une réparation sans surépaisseur. Les surfaces particulièrement ciblées sont celles qui sont exposées aux sels de déglacage (surfaces éclaboussées, zones sous le joint de tablier), en béton sans fumée de silice et qui sont à l'état neuf ou légèrement endommagées ou fissurées.

L'utilisation d'un produit imperméabilisant permet de ralentir la corrosion et de retarder le délaminage autour des surfaces réparées. Les principaux moyens à utiliser sont :

- la pose d'une membrane d'étanchéité (norme MTQ 3701) dans le cas d'une dalle;
- un imperméabilisant à béton à base de polymère de silicone (norme MTQ 3601) dans le cas des autres surfaces de béton.

3.1.4 Caractéristiques des équipements de démolition

3.1.4.1 *Marteau pneumatique*

Le marteau pneumatique est l'équipement le plus utilisé pour exécuter les travaux de démolition du béton.

Cet équipement est acceptable pour des poids variant entre 7 et 30 kg auxquels correspond une certaine énergie de démolition qui permet à l'utilisateur de choisir le marteau le mieux adapté aux conditions d'exécution des travaux.

Le marteau le plus lourd (30 kg) développe généralement la plus grande énergie. Il est utilisé pour exécuter des travaux qui ne nécessitent que peu de précautions, alors que les marteaux plus légers (7 et 15 kg) sont utilisés pour exécuter des travaux minutieux.

Le marteau pneumatique permet l'enlèvement sélectif du béton lors de la démolition. En effet, un opérateur d'expérience peut faire la différence entre différents niveaux de détérioration en appréciant la résistance du béton à l'impact du marteau. Il peut donc démolir seulement le béton détérioré et limiter ainsi au minimum la quantité de béton sain démoli.

3.1.4.2 *Marteau hydraulique*

Le marteau hydraulique est fréquemment utilisé pour démolir le béton. Il est généralement monté à l'extrémité du mât d'une mini-excavatrice qui, en plus d'assurer la mobilité du marteau, fournit la pression d'huile nécessaire à son fonctionnement.

L'équipement motorisé sur lequel est monté le marteau hydraulique doit toujours être adapté à la grosseur du marteau. Dans certains cas, des amortisseurs doivent être utilisés pour réduire les vibrations et les impacts transmis à l'équipement motorisé et à l'opérateur.

Le marteau hydraulique est aussi un équipement de démolition disponible partout et qui peut être mis en service rapidement. Le fait qu'il soit monté sur le mât d'une mini-excavatrice implique cependant qu'il faut disposer de l'espace de manoeuvre nécessaire. Par contre, la mobilité du mât permet d'exécuter des travaux sur des surfaces verticales élevées qui autrement seraient difficiles d'accès.

Le marteau hydraulique est un équipement à utiliser avec circonspection; dans le cas d'une démolition partielle, son utilisation doit être limitée à des petits modèles ayant une faible énergie d'impact.

3.1.4.3 Hydrodémolition

L'hydrodémolition consiste à démolir le béton à l'aide d'un ensemble de jets d'eau à très haute pression regroupés sous un équipement mobile. Il existe aussi des lances à un seul jet, utilisées généralement pour les surfaces verticales.

Cette technique combine l'effet de coupe des jets d'eau et la pression de l'eau dans les pores et les fissures du béton pour briser le lien qui unit les granulats et démolir ainsi le béton.

Le système est étalonné pour démolir, jusqu'à une profondeur déterminée, un béton de résistance uniforme. L'épaisseur de béton démolie est fonction de la résistance du béton; elle est d'autant plus grande que la résistance est faible. Il est donc possible d'étalonner le système pour enlever le béton détérioré tout en conservant celui de bonne qualité.

Il est très important d'enlever les eaux résiduelles et de nettoyer la surface à l'aide d'un jet d'eau sous pression immédiatement après la démolition. Les rebuts contiennent du ciment non hydraté qui s'hydrate au contact de l'eau et se dépose à la surface du béton à mesure que l'eau s'infiltre dans le béton ou s'évapore. Après un certain temps, ces dépôts adhèrent à la surface de béton et sont ensuite difficiles à enlever par simple lavage.

Les avantages de l'hydrodémolition sont les suivants :

- préparation de surface et nettoyage des armatures faits en une seule opération;
- faibles microfissures à la surface du béton conservé;
- rapidité d'exécution.

La technique de l'hydrodémolition comporte cependant certains désavantages, dont la récupération des eaux résiduelles. Ces dernières doivent être captées, acheminées vers un bassin de sédimentation ou un autre système de traitement primaire, et rejetées par la suite dans un système d'égout, un cours d'eau ou un autre site autorisé.

L'autre principal désavantage de l'hydrodémolition est le niveau de bruit engendré, surtout dans un environnement urbain sensible à forte concentration résidentielle.

Les unités mobiles de démolition sont généralement conçues pour démolir le béton des surfaces horizontales. Toutefois, il existe des unités pour la démolition de surfaces verticales, qu'elles soient planes ou courbes.

La disponibilité de l'équipement, les coûts reliés au déplacement ainsi que ceux reliés

aux difficultés d'approvisionnement en eau expliquent le fait que l'hydrodémolition n'est pas utilisée pour des projets de réparation de faible envergure.

3.1.5 Mesures environnementales

3.1.5.1 Projection d'abrasif

La poussière produite par une projection d'abrasif sec est transportée par l'air et se dépose sur les surfaces environnantes selon la vitesse et la direction des vents. Cette poussière, qui contient généralement des particules de silice cristalline provenant du sable ou du béton désagrégé, peut s'avérer très dangereuse pour les travailleurs immédiats et faire l'objet de plaintes de la part des personnes lésées ou affectées.

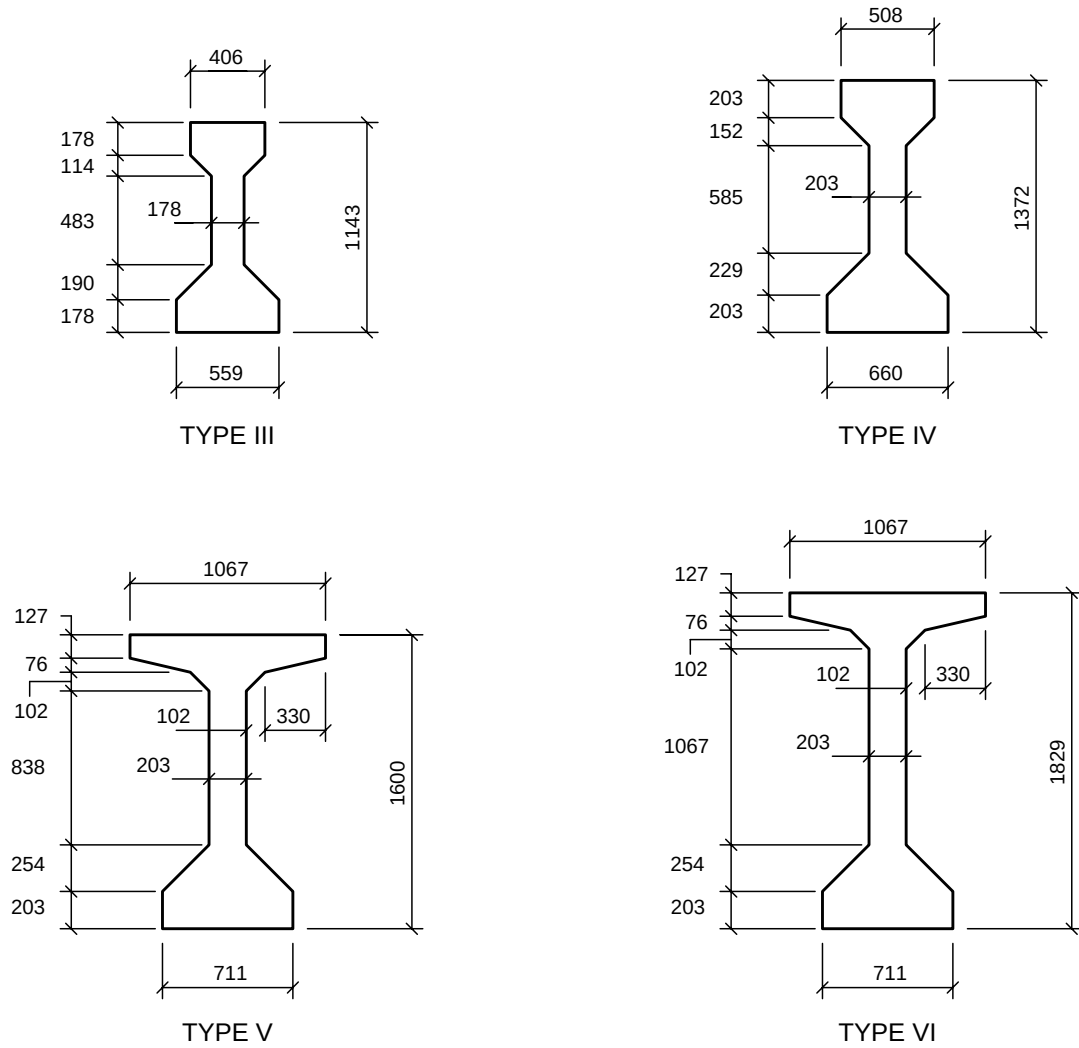
L'utilisation d'abrasif sec pour le nettoyage des barres d'armature ou des surfaces de béton devrait être évitée, surtout en milieu urbain, à moins que des mesures d'abattement de la poussière (telle une humidification) soient prévues. L'utilisation d'un jet d'eau haute pression ou d'un abrasif humide doit être favorisée, même si les travaux de nettoyage complémentaire (enlèvement des dépôts humidifiés) sont plus difficiles à exécuter.

3.1.5.2 Matériaux de rebut

Les matériaux provenant de la démolition du béton ainsi que du nettoyage des armatures et de la surface de béton sont considérés comme des matériaux secs au sens du *Règlement sur les déchets solides* de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (L.R.Q., c. Q-2). Ces matériaux doivent donc être disposés dans les sites autorisés par le ministère de l'Environnement conformément à la section IX de ce règlement. Toutefois, les résidus de béton peuvent être récupérés en vue d'un recyclage.

3.1.6 Caractéristiques des poutres de type AASHTO

Un grand nombre de ponts existants avec un tablier en béton comportent des poutres préfabriquées en béton précontraint de type AASHTO. Les principales caractéristiques de ces poutres sont montrées à la figure 3.1-1. Ces informations permettent entre autres de faciliter la tâche du concepteur lors de l'analyse structurale de certains éléments dans le cadre d'un projet prévoyant des interventions majeures sur ce type de pont.



TYPE	AIRE $\text{mm}^2 \times 10^2$	Y_b mm	MOMENT D'INERTIE $\text{mm}^4 \times 10^6$	POIDS LINÉIQUE kN / m
III	3610	515	52 191	8,522
IV	5090	628	108 524	11,995
V	6535	812	216 932	15,395
VI	7000	924	305 231	16,489

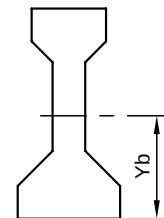


Figure 3.1-1 Poutres préfabriquées en béton précontraint de type AASHTO

3.2 NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES ÉLÉMENTS EN ACIER

Les principaux défauts observables sur les éléments en acier sont décrits au chapitre 3 du *Manuel d'inspection des structures – Évaluation des dommages*.

Les travaux d'entretien consistent à remplacer des éléments, à les renforcer par ajout de section ou à les recouvrir d'un enduit protecteur contre la corrosion.

Le remplacement ou l'ajout d'éléments en acier peuvent être précédés d'une évaluation structurale du pont pour déterminer s'il est possible d'accroître la capacité de la structure en augmentant la section des éléments à remplacer.

Les dimensions des nouvelles pièces doivent toujours être vérifiées sur place, car on ne peut se fier complètement aux plans existants, même s'il s'agit de dessins d'atelier. De plus, lors du relevé de dommages de la structure, il est recommandé de vérifier si le remplacement d'une pièce peut faciliter le remplacement d'une autre moins endommagée. Un nettoyage des différents éléments à inspecter doit être effectué au besoin avant le relevé de dommages (exemple : intérieur de poutres-caisson, membrure inférieure et gousset horizontal de poutre triangulée).

Lors du remplacement d'élément ou de l'ajout de section, l'acier utilisé est généralement de nuance 300W puisqu'il est facilement disponible, même en petite quantité. Il ne peut cependant pas être utilisé si l'élément à remplacer est en acier dont la limite élastique est supérieure à 300 MPa, à moins de concevoir l'élément en conséquence. La nuance et la norme de fabrication de l'acier sont généralement indiquées sur les plans d'origine ou à l'intérieur du dossier de construction. Au besoin, utiliser les valeurs du tableau de la norme S6-00 (art. 14.6.3.1) ou prélever des sections afin d'effectuer des essais de traction. Des échantillons de 200 mm X 50 mm coupés à la scie sont habituellement nécessaires pour les essais en laboratoire. Consulter un ingénieur spécialiste en structure afin d'identifier les éléments où des échantillons peuvent être prélevés. Trois (3) essais sont généralement requis afin d'évaluer la limite élastique de l'acier. Les résultats doivent être interprétés selon les exigences de la norme S6-00 stipulées à l'article A.14.1.1.

Des aciers à faible résilience ont été utilisés par le Ministère jusqu'au milieu des années '70. Des essais Charpy réalisés sur la charpente métallique de plusieurs ponts construits avant 1974 ont confirmé leur présence. Les ponts à faible redondance structurale ont ainsi été ciblés et certains ont été remplacés. Pour des projets d'entretien, il n'est pas utile de réaliser ce type d'essai.

Puisque les joints boulonnés des ponts sont de type anti-glissement, les parties des pièces en contact doivent subir une préparation appropriée. Un nettoyage des pièces existantes par un procédé mécanique ou par projection d'abrasif sec sans silice cristalline permet d'obtenir la surface requise. Toutefois, il est possible que de la rouille demeure au fond des piqûres. Pour les pièces en acier galvanisé, les surfaces en contact sont nettoyées manuellement à la brosse métallique.

Lors du remplacement de rivets par des boulons ou lorsque de nouveaux boulons sont utilisés pour l'ajout ou le renforcement de membrures, des boulons conformes à la norme ASTM A-325 doivent être utilisés. Des boulons à tension contrôlée, conformes à la norme ASTM-F1852, sont cependant utilisés lors de la réparation d'un pont à valeur patrimoniale dans le but d'imiter la forme arrondie des têtes de rivets. Toutefois, les boulons conformes à la norme ASTM-A490 doivent être remplacés par des boulons de même grade.

Les poutres triangulées sont parfois constituées de plusieurs types de rivets. Différents symboles identifient le type de rivet mis en place. Les symboles les plus couramment utilisés sont illustrés à la figure 3.2-1. Il est important, lors de la préparation de plans et devis, de valider la faisabilité du remplacement des rivets et des éléments assemblés. Il est à noter que les rivets assemblant au moins trois (3) pièces d'acier sont difficiles à enlever par la méthode pneumatique usuelle; dans ce cas, un chalumeau doit parfois être utilisé.

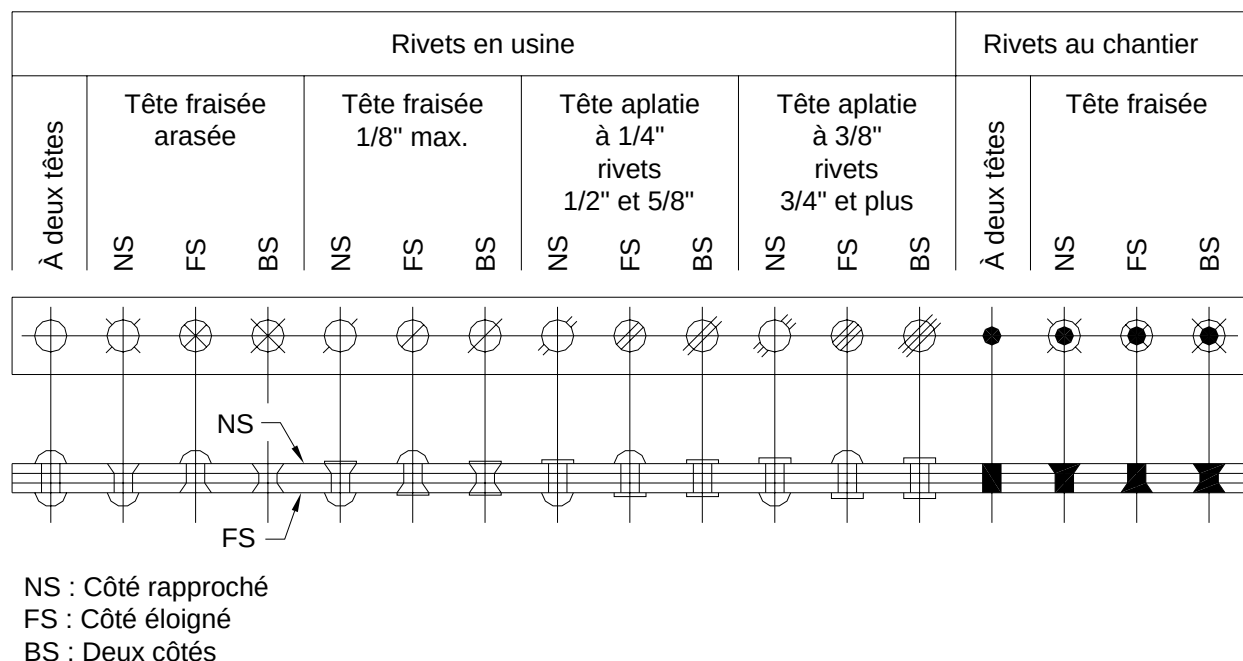


Figure 3.2-1 – Identification de rivets et de boulons

Tous les boulons doivent être posés avec une rondelle en acier placée sous l'élément (écrou ou tête du boulon) qu'on tourne pendant le serrage. Lorsque l'acier à boulonner possède une limite élastique inférieure à 280 MPa et que les boulons de type A-490 sont utilisés, une rondelle en acier trempé est requise sous la tête du boulon et sous l'écrou.

La norme S6-00 spécifie, dans le cas des membrures assemblées par boulonnage, les exigences relatives aux espacements entre les boulons ainsi que les distances minimale et maximale jusqu'au bord des pièces (pinces). De plus, les boulons doivent être suffisamment rapprochés pour que les pièces en acier soient parfaitement en contact et ne laissent pas l'eau s'infiltrer entre elles. La norme S6-00 (art. 10.18.4.5) fournit les critères pour assurer l'étanchéité d'un assemblage. Ainsi, lors du remplacement d'éléments, il est possible que des boulons supplémentaires soient requis. Dans le cas des pièces soudées, les cordons de soudure doivent être continus pour assurer l'étanchéité.

Lors de l'ajout d'une section en acier, le mode d'assemblage le plus approprié doit être déterminé par un ingénieur en structure. Le boulonnage doit être privilégié par rapport au soudage en raison de sa facilité d'exécution et de son contrôle rapide en chantier. Pour des pièces en traction, le boulonnage entraîne une diminution de leur section existante; il faut donc vérifier la capacité résiduelle de la section existante.

Les assemblages par soudures ne causent pas, quant à eux, de diminution de la section, mais ils peuvent créer des points de faiblesse à la fatigue et engendrer de la fissuration si leur conception n'est pas adéquate. On doit aussi s'assurer de la soudabilité de l'acier existant, sauf pour les réparations d'urgence ou temporaire où les pièces soudées seront remplacées à court terme. Si la nuance et la norme de fabrication de l'acier ne sont pas indiquées sur les plans d'origine ou le dossier de construction, un échantillonnage au moyen de pastilles d'au moins 25 mm de diamètre est une méthode possible pour obtenir une analyse chimique de l'acier.

On enduit l'acier d'un système de protection contre la corrosion pour l'empêcher de s'oxyder. Le système de protection consiste à peindre, à galvaniser ou à métalliser les surfaces des éléments en acier. On doit au préalable s'assurer que l'acier n'est pas de type résistant à la corrosion atmosphérique, où la présence d'une pellicule d'oxydation est non seulement normale mais nécessaire pour la protection. Il arrive cependant que l'acier résistant à la corrosion atmosphérique placé dans un milieu trop agressif ou à humidité constante se détériore quand même. Un système de protection est alors justifié.

Lorsque la réparation d'un pont exige l'ajout de nouvelles pièces en acier, ces pièces doivent être peinturées en usine, galvanisées ou métallisées. Toutefois, si le système de protection des pièces conservées est en mauvais état dans son ensemble, il peut être justifié de ne pas protéger les nouvelles pièces et de prévoir un nouveau système de protection pour l'ensemble du pont.

Pour la réparation d'un pont existant qui est déjà peinturé, il peut être avantageux de galvaniser les nouvelles pièces qui ne sont pas apparentes, car celles-ci ne nécessitent pas de retouches de peinture en chantier. Dans ce cas, les boulons A-325 doivent être galvanisés contrairement aux boulons A-490 qui ne peuvent pas l'être.

Le remplacement et l'ajout de pièces en acier sont généralement payés au kilogramme, mais ils peuvent être payés également à l'unité et à prix global; l'enlèvement d'élément de charpente métallique est payé à prix global. Le poids du revêtement n'est pas considéré pour le paiement au kilogramme. Le poids des boulons, écrous et rondelles doit être ajouté dans le calcul des quantités de pièces en acier. Ce poids est généralement non négligeable pour des travaux d'entretien. Le prix unitaire inclut la protection contre la corrosion des nouvelles pièces, sauf si l'ensemble du pont doit être peinturé ou métallisé.

3.3 NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES ÉLÉMENTS EN BOIS

Les principaux défauts observables sur les éléments en bois sont décrits au chapitre 3 du *Manuel d'inspection des structures – Évaluation des dommages*.

Les travaux d'entretien les plus fréquents sur des éléments en bois touchent le remplacement des pièces. Il est en effet très rarement possible de réparer les pièces de bois présentant des défauts importants de pourriture ou d'altération physique.

Les principales essences utilisées pour les travaux d'entretien sont la pruche, la pruche de l'Ouest, le pin gris, le pin rouge et le sapin de Douglas. Ces essences sont facilement disponibles. Il n'est pas nécessaire que les pièces utilisées pour une réparation soient de la même essence que les pièces existantes à remplacer. Le sapin de Douglas est structuralement plus résistant que les autres essences, mais son coût est cependant plus élevé.

Les pièces de bois doivent être traitées à l'arséniate et chromate de cuivre (ACC) ou avec un autre produit de préservation hydrosoluble reconnu comme équivalent en matière d'efficacité (tel le ACQ). Les pièces de bois traitées à la créosote et à l'arséniate de cuivre ammoniacal (ACA) ne sont plus utilisées à cause de leur effet néfaste sur les ouvriers qui les manipulent et sur l'environnement. Il est nécessaire de préciser si le bois est en présence d'eau douce ou d'eau de mer pour déterminer la quantité de préservatif nécessaire. La présence d'eau de mer, où les micro-organismes responsables de la pourriture sont plus nombreux, nécessite une plus grande quantité de préservatif.

Même si les dimensions métriques sont normalement utilisées dans la plupart des documents, le bois n'est disponible qu'en dimensions impériales, en variables de 1 pouce pour les épaisseurs de bois brut et de 2 pieds pour les longueurs. Ces épaisseurs sont réduites de $\frac{1}{4}$ de pouce (6 mm) pour chaque face blanchie. Généralement, les pièces de bois utilisées pour les ponts sont blanchies sur une seule face.

Les pièces de bois sont assemblées à l'aide de boulons, tiges filetées, tire-fond, fiches ou clous. Les clous ne sont généralement employés que pour fixer des pièces appuyées l'une sur l'autre, car leur capacité structurale est plus limitée.

Lorsqu'on utilise des boulons ou des tiges filetées, on doit percer dans le bois des trous dont le diamètre a 2 mm de plus que celui des boulons ou tiges filetées. Dans le cas des tire-fond utilisés pour fixer les madriers de plancher, le trou pour la partie non filetée aura le même diamètre que le tire-fond. Pour ceux servant à fixer les poutres aux assises de culée, on doit percer des trous de 2 mm de moins que le diamètre des tire-fond. Pour les fiches, le diamètre des trous aura 2 mm de moins que celui des fiches. Les clous dont le diamètre est inférieur à 6 mm ne nécessitent aucun préperçage dans le bois du fait de leur faible diamètre.

Il n'est pas nécessaire de protéger contre la corrosion les pièces métalliques utilisées pour relier les pièces de bois, car la pourriture du bois survient bien avant que la corrosion n'affecte les pièces métalliques.

3.4 NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES JOINTS DE TABLIER

Les principaux défauts des joints de tablier sont décrits au chapitre 8 du *Manuel d'inspection des structures – Évaluation des dommages*.

Les joints de tablier sont des dispositifs permettant le mouvement entre les travées principalement attribuable aux variations de la température, tout en assurant la continuité de la surface de roulement et l'étanchéité.

Quatre types d'interventions sont réalisables sur les joints de tablier, soit la réparation ou le remplacement du joint, la modification d'un joint à une culée (joint dalle sur culée) et l'élimination d'un joint à une pile.

L'étanchéité du prolongement d'un joint de tablier existant effectué dans le cadre d'un élargissement d'un pont est très difficile à réaliser. Ainsi, le prolongement d'un joint ne devrait pas être envisagé; il faudrait plutôt procéder au remplacement du joint.

La réparation n'est retenue que pour des travaux mineurs sur les éléments en béton ou en acier d'un joint ou pour le déblocage du joint; dans le cas d'un joint ayant un mouvement total supérieur à 100 mm, il peut être avantageux d'effectuer une réparation de plus d'envergure compte tenu du coût élevé d'un tel joint.

Les joints de tablier présentent de nombreux problèmes : discontinuité de la surface de roulement, non-étanchéité et dommages fréquents nécessitant une réparation ou un remplacement, ce qui entraîne des problèmes de circulation et de sécurité. Pour améliorer la situation, il faut privilégier la modification (joint dalle sur culée) ou l'élimination du joint de tablier plutôt que son remplacement lorsqu'il est possible de conserver au pont un comportement structural adéquat, notamment sur le plan sismique.

3.4.1 Considérations générales

Lors de la préparation de plans et devis pour des travaux de remplacement, de modification ou d'élimination d'un joint de tablier, les considérations suivantes doivent être prises en compte :

A) Services publics

- Il est important de vérifier s'il existe des conduits de services publics sur le pont et le cas échéant, de préciser aux plans et devis leur emplacement, leur diamètre et le service public concerné. Aux joints de tablier et aux extrémités du tablier, des manchons spéciaux doivent être prévus sur les conduits pour permettre les mouvements dus aux changements de température et à la rotation des poutres (figure 3.4-1). Ces manchons sont parfois fournis par les compagnies d'utilités publiques.

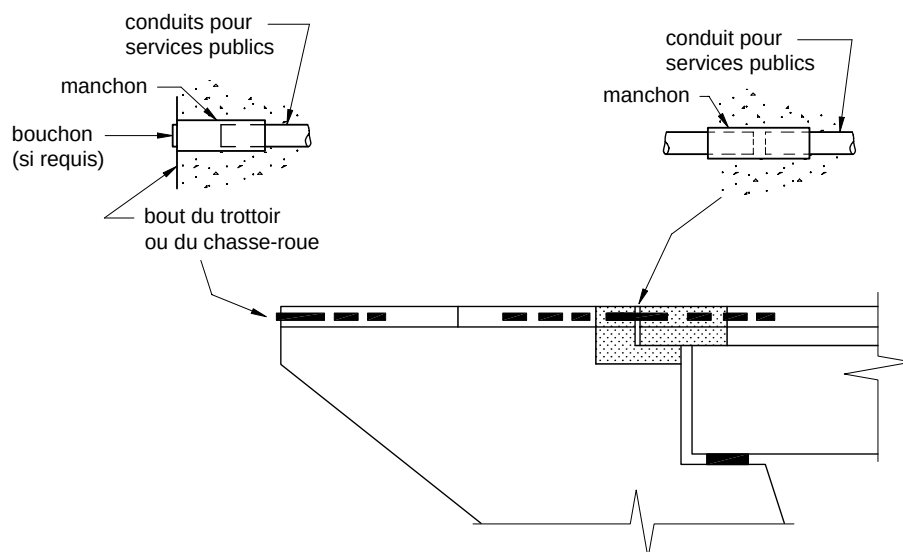


Figure 3.4-1 Manchons pour services publics

- Pour faciliter la réalisation des travaux sur les joints de tablier, il peut être nécessaire

que le Ministère demande aux compagnies d'utilités publiques de déplacer temporairement leurs installations avant la réalisation du contrat. Un délai doit alors être prévu pour tenir compte de ce déplacement. Ce délai, qui varie en fonction du type et de l'importance des installations à déplacer, peut atteindre jusqu'à 12 mois. Il est parfois préférable de laisser en place des installations qui seraient très coûteuses à déplacer; il faudrait alors préciser aux plans et devis les précautions à prendre pour protéger les conduits et assurer la continuité du service pendant les travaux.

B) Enrobé

- Il faut privilégier l'enlèvement complet de l'enrobé sur le tablier particulièrement dans les cas suivants :
 - lorsque l'épaisseur de l'enrobé dépasse 90 mm, pour diminuer la charge morte sur le pont;
 - lorsque l'épaisseur de l'enrobé est faible, afin d'obtenir une hauteur d'épaulement en béton d'au moins 60 mm, permettant ainsi une meilleure tenue de l'enrobé;
 - lorsque l'épaisseur de l'enrobé est faible, afin d'obtenir une épaisseur minimale d'enrobé de 60 mm au-dessus de la membrane d'étanchéité;
 - lorsque le profil longitudinal est déficient, afin d'augmenter le confort et la sécurité des usagers; ceci est obtenu en positionnant les nouveaux joints selon le meilleur profil longitudinal possible à la suite du relevé d'arpentage du dessus du béton de la dalle.

Bien que cette intervention soit surtout nécessaire lors d'un remplacement d'un joint de tablier afin d'éviter de fixer le nouveau joint à un niveau empêchant tout ajustement ultérieur de l'épaisseur ou du profil de l'enrobé, l'enlèvement complet de l'enrobé permet également, dans le cas d'une modification ou d'une élimination d'un joint, la pose d'une membrane d'étanchéité de manière à protéger la dalle et à augmenter sa durée de vie. De plus, le fait de profiter de l'interruption de la circulation lors des travaux aux joints pour refaire le revêtement sur tout le tablier permet d'éviter de perturber à nouveau la circulation ultérieurement.

Il n'est cependant pas recommandé de procéder à l'enlèvement complet de l'enrobé lorsque la reconstruction de la dalle est prévue à court ou moyen terme, car cela pourrait entraîner de coûteux et inutiles travaux de réparation de dalle. Il ne faut surtout pas non plus effectuer l'enlèvement complet de l'enrobé sur une dalle dont on ne connaît pas l'état.

- Dans le cas où l'enrobé n'est pas enlevé sur tout le tablier lors de l'élimination d'un joint de tablier à une pile, prévoir la pose d'une membrane d'étanchéité sur la partie de dalle où l'enrobé est enlevé pour étancher la microfissuration suivant l'élimination du joint.

Il faut alors s'assurer d'avoir une épaisseur minimale de 60 mm d'enrobé au-dessus de la membrane; corriger au besoin le profil longitudinal du dessus du pavage sur une certaine distance de part et d'autre du joint pour préserver le confort des usagers. Si cela n'est pas possible, il faut spécifier l'enlèvement complet de l'enrobé.

C) Dalle de transition

- Vérifier s'il existe une dalle de transition; sélectionner et modifier au besoin les dessins et les plans types appropriés. Cette vérification ne doit pas être faite uniquement à partir des plans du pont; un sondage doit également être effectué sur les lieux, car il y a souvent inadéquation entre les plans et la réalité. Ce sondage doit être effectué tout près de la ligne de centre de la route, puisque les dalles de transition datant de plusieurs années ne se prolongent pas toutes jusqu'aux murs en retour de la culée. S'il n'y a pas de dalle de transition, il est normalement possible d'en construire une, mais cela n'est nécessaire que s'il y a des problèmes de tassement persistants à l'arrière d'une culée, ou si on effectue une excavation importante derrière la culée.

D) Autres considérations

- Au besoin, prévoir de réparer ou de remplacer les diaphragmes d'extrémité et le garde-grève, et de réparer les extrémités des poutres. En effet, l'extrémité de la dalle est démolie lors de travaux majeurs relatifs aux joints de tablier, ce qui facilite grandement la réalisation des travaux qui pourraient être requis aux poutres, aux diaphragmes ou au garde-grève.
- Le devis doit préciser que toute partie de chasse-roue métallique se trouvant dans les limites de démolition doit être enlevée et mise au rebut. Il est en effet inutile de s'efforcer de conserver cette section de chasse-roue étant donné que ce concept n'est plus utilisé depuis longtemps lors de la construction d'un nouveau pont.

3.4.2 Mouvement des joints de tablier

Pour être en mesure de déterminer le type d'intervention à privilégier sur un joint de tablier, il faut connaître son mouvement total. Il peut s'agir du mouvement réel total (Δ_r) qui est mesuré directement sur le tablier, ou du mouvement théorique total (Δ_t) qui est calculé en fonction de la longueur du tablier et des écarts de température.

Dans le cas du mouvement théorique, seuls les mouvements relatifs à la variation de température sont pris en compte, car les variations de longueur résultant de phénomènes tels le retrait ou le fluage, utilisées pour le calcul des joints de tablier d'un pont neuf, disparaissent quelques années après la construction du pont.

Lorsque aucun joint de tablier n'est éliminé à une pile, le mouvement des joints existants demeure le même et c'est le mouvement réel qui doit être utilisé pour évaluer le mouvement de ces joints. La façon de calculer le mouvement réel est décrite au chapitre 4 de ce manuel. Pour les ponts ayant une longueur inférieure à 25 m, aucune mesure des mouvements n'est requise puisque ces ponts n'ont besoin d'aucun joint de tablier.

Lorsqu'on élimine un joint à une pile, il peut en résulter une augmentation des mouvements à un ou plusieurs des joints de tablier conservés; si c'est le cas, il faut utiliser le mouvement théorique pour évaluer ces mouvements. Il y a augmentation effective du mouvement à un joint de tablier conservé s'il y a augmentation de la longueur de dalle continue entre ce joint et le point fixe du pont. Ce cas est illustré dans l'exemple de la figure 3.4-2 où le joint de la pile du pont A a été éliminé; le joint se trouvant à l'unité de fondation n° 3 voit son mouvement s'accroître parce que la longueur de dalle continue entre ce joint et le point fixe du pont augmente, passant de la longueur de la travée 2 à la longueur totale du pont.

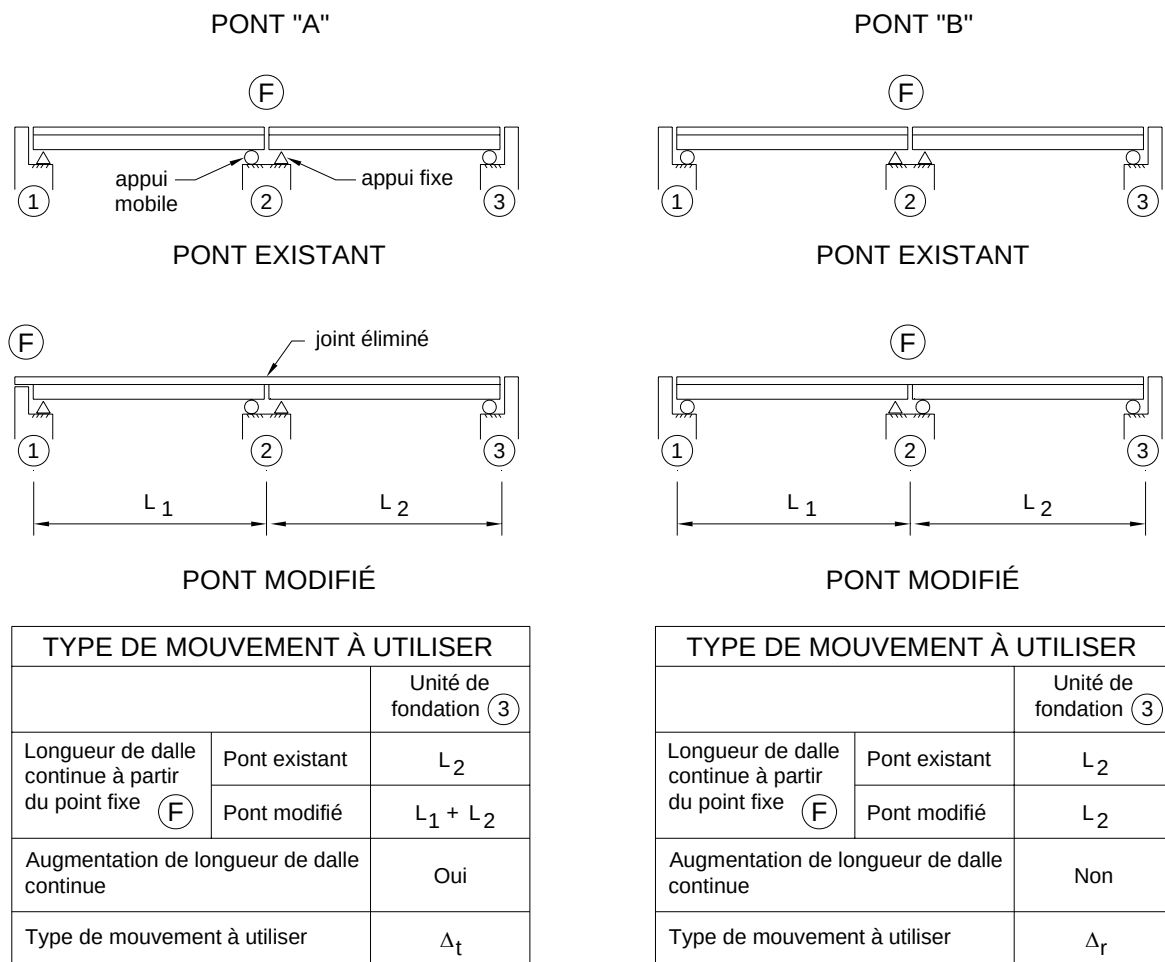


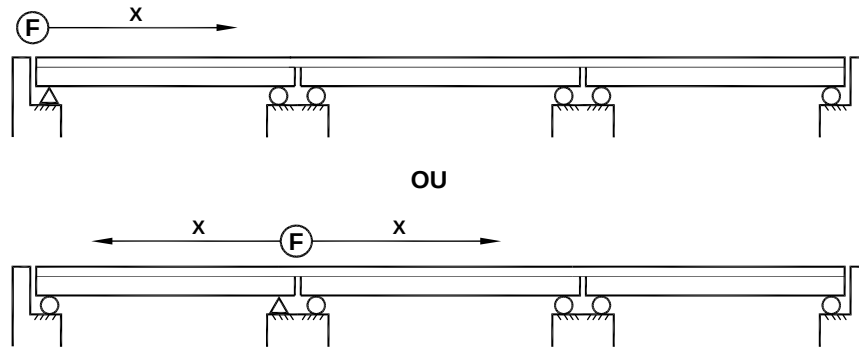
Figure 3.4-2 Exemples de choix entre mouvement réel et théorique

Un appareil d'appui en élastomère est considéré comme mobile s'il n'est pas muni d'un ancrage et s'il est suffisamment épais pour permettre le mouvement requis.

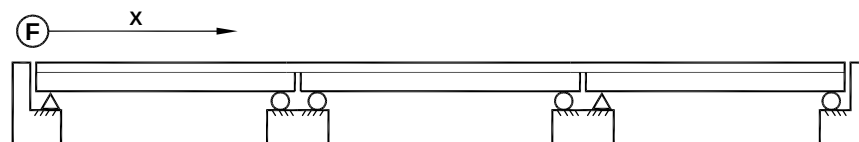
Si l'intervention retenue requiert le calcul théorique des mouvements du tablier, le mouvement en un point quelconque est calculé par rapport au point fixe du tablier (figure 3.4-3), ce dernier se trouvant :

- à l'unité de fondation à laquelle est fixé le tablier, si ce dernier n'est fixé qu'à un seul appui;
- à la culée où est fixé le tablier, lorsqu'un tablier à dalle continue est fixé à une culée et à au moins un autre appui;
- au point milieu entre les piles où est fixé le tablier, si ce dernier est fixé aux piles seulement.

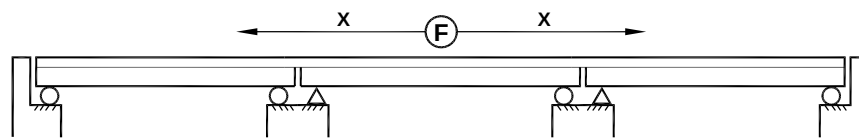
La figure 3.4-3 montre la façon de calculer le mouvement théorique selon que le pont est en béton ou à poutres d'acier.



TABLIER FIXÉ À UNE SEULE UNITÉ DE FONDATION



TABLIER FIXÉ À UNE CULÉE ET À UNE PILE



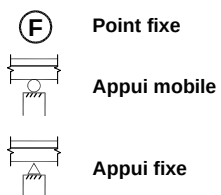
TABLIER FIXÉ À DEUX PILES

$$\Delta_{tx} = 0,77 X \quad (\text{pont à poutres en acier et dalle en béton})$$

$$= 0,55 X \quad (\text{pont à tablier en béton - poutres et dalle})$$

$$\Delta_{px} = 0,50 X \quad (\text{pont à poutres en acier et dalle en béton})$$

$$= 0,40 X \quad (\text{pont à tablier en béton - poutres et dalle})$$



Δ_{tx} = mouvement total théorique au point X (mm)

Δ_{px} = déplacement imposé à la pile au point X (mm)
(en considérant la position verticale à 15°C)

x = distance entre F et l'endroit où Δ_t est calculé (m)

Figure 3.4-3 Exemple de calcul théorique de mouvement

3.4.3 Remplacement d'un joint de tablier

Lorsque les mesures des mouvements réels du tablier démontrent qu'après les travaux à un pont, un joint de tablier demeure nécessaire, on installera un joint de tablier à une garniture, pourvu que le mouvement total soit inférieur à 100 mm. Si le mouvement total du tablier est supérieur à 100 mm, il faut envisager l'utilisation d'un joint de tablier à plus d'une garniture; chaque garniture pouvant reprendre un mouvement de 80 mm. Dans ce cas, le concepteur doit s'assurer d'une épaisseur d'au moins 100 mm de béton sous les boîtes des barres de support du joint à moins que celles-ci prennent appui directement sur un élément structural.

Un joint de tablier de type HSS devrait être utilisé lorsque la structure est localisée sur un axe autoroutier. Le joint HSS est en effet fortement recommandé sur les autoroutes à cause de sa durabilité supérieure due à l'absence d'épaulements en béton et à cause de son confort amélioré découlant de sa faible largeur.

Un joint de tablier avec dalot doit être spécifié lorsque le joint est localisé à une pile. Ce type de joint doit aussi être spécifié lorsque le joint est localisé à une culée d'un pont situé sur une route ayant un débit journalier moyen annuel (DJMA) supérieur à 500. Le joint avec dalot, bien que légèrement plus coûteux que celui sans dalot, permettra de prolonger la vie utile d'un joint non étanche qui autrement serait à remplacer; il est important de noter que ce dispositif ne sert pas à pallier un problème d'étanchéité à court terme à la suite d'une mauvaise installation du joint. La hauteur du joint avec dalot à installer sur une structure existante est fixée à 230 mm de manière à ce que le joint ne se prolonge pas sous la dalle, afin d'éviter tout conflit possible avec les poutres, obligeant ainsi l'entrepreneur à prévoir un coffrage sous le joint.

Lorsque le joint de tablier doit être mis en place par sections pour éviter d'interrompre complètement la circulation, les sections sont boulonnées entre elles puis soudées afin d'assurer leur étanchéité. Compte tenu de la difficulté à bien étancher les joints d'assemblage entre les sections de joint, le nombre de sections doit être réduit au minimum, les joints d'assemblage devraient être localisés le plus loin possible des chasse-roues et préféablement au point haut transversal.

La garniture du joint de tablier doit être installée en une seule longueur, sans interruption et en une seule opération, d'un côté du pont à l'autre après avoir bétonné le joint. La pose de la garniture en usine obligerait à coller la garniture sur le site des travaux alors que ce collage est rarement efficace ou durable. La pose de la garniture en une seule longueur, mais après chacune des phases des travaux, obligerait à laisser libre la garniture de la phase ultérieure dans la zone des travaux, ce qui endommagerait à coup sûr la garniture.

Le profil de la garniture doit respecter les exigences du chapitre 11 du *Manuel de conception des structures – Volume 1*.

3.4.3.1 Calcul du mouvement d'un joint de tablier

L'ouverture « J » pour différentes températures doit être inscrite sur le tableau apparaissant aux plans types des joints de tablier.

La procédure pour calculer les valeurs « J » illustrée au tableau 3.4-1 s'applique à un joint de tablier à une garniture d'un pont existant en béton ou à poutres d'acier peu importe si le mouvement du joint est réel ou théorique.

Les exemples cités au tableau 3.4-1 montrent qu'il est important de savoir si la garniture sera posée par temps chaud ou par temps frais. Normalement, le joint de tablier est ajusté à l'usine à l'ouverture « J » correspondant à une température de 15 °C; cette ouverture est normalement fixée à 40 mm. Cette ouverture de 40 mm correspond à l'ouverture minimale nécessaire pour la mise en place de la garniture. Si l'on prévoit faire la mise en place de la garniture par temps chaud, il faut plutôt exiger l'ouverture de 40 mm pour la température de 25 °C afin de permettre la mise en place par temps chaud. Cette pratique a par contre le désavantage d'avoir une ouverture plus grande par temps froid. Chaque cas doit être évalué soigneusement avant de procéder au calcul des valeurs « J ».

La valeur « J » pour la température maximale de calcul doit être supérieure à 20 mm afin d'éviter l'écrasement de la garniture. De même, la valeur « J » pour la température minimale doit être inférieure à 120 mm afin de respecter la limite d'utilisation de la garniture et d'éviter une ouverture qui pourrait être inconfortable pour les usagers. Le concepteur doit donc répartir le mouvement du joint de façon à respecter ces valeurs minimale et maximale; la meilleure répartition est celle donnant la valeur minimale la plus rapprochée de 20 mm tout en permettant la mise en place de la garniture dans les conditions de température prévues.

Dans le cas d'un mouvement approchant 100 mm, il peut être difficile voire impossible de respecter toutes les conditions et il faudra alors se résigner à exiger la mise en place de la garniture à une température bien précise, différente de celles citées précédemment, ajoutant ainsi une contrainte importante sur le déroulement des travaux.

Tableau 3.4-1 Calcul du mouvement d'un joint de tablier

Exemple 1

- **Pont en béton;**
- Δ_r ou $\Delta_t = 70$ mm;
- Biais de 15 ° ($\beta = 15$ °);
- On prévoit poser la garniture en automne (15 °C).

Mouvement total (M_t) = (Δ_r ou Δ_t) $\cos\beta$ = 70 X $\cos 15^\circ$ = 67,6 mm
 Variation de l'ouverture J par tranche de 10 °C (Δ_{10}) = $M_t \times 10/55$ = 12,3 mm

Le tableau se trouvant sur le plan type du joint de tablier se complète ainsi :

Température de pose (°C)	Ouverture J (mm)
Plus chaud (= 30)	$40 - (\Delta_{10} \times 1,5) = 22^*$
25	$40 - (\Delta_{10} \times 1,0) = 28$
15	40
5	$40 + (\Delta_{10} \times 1,0) = 52$
Plus froid (= - 25)	$40 + (\Delta_{10} \times 4,0) = 89$

Exemple 2

- **Pont en acier;**
- Δ_r ou Δ_t = 50 mm;
- Biais de 0 ° ($\beta = 0^\circ$);
- On prévoit poser la garniture en été (25 °C).

Mouvement total (M_t) = (Δ_r ou Δ_t) $\cos\beta$ = 50 X $\cos 0^\circ$ = 50,0 mm
 Variation de l'ouverture J par tranche de 10 °C (Δ_{10}) = $M_t \times 10/70$ = 7,1 mm

Le tableau se trouvant sur le plan type du joint de tablier se complète ainsi :

Température de pose (°C)	Ouverture J (mm)
Plus chaud (= 40)	$40 - (\Delta_{10} \times 1,5) = 29^*$
25	40
15	$40 + (\Delta_{10} \times 1,0) = 47$
5	$40 + (\Delta_{10} \times 2,0) = 54$
Plus froid (= - 30)	$40 + (\Delta_{10} \times 5,5) = 79$

* S'assurer que cette valeur n'est pas inférieure à 20 mm. Si ce n'est pas le cas, augmenter également toutes les valeurs d'ouverture du tableau pour obtenir 20 mm à la température la plus élevée.

3.4.4 Joint dalle sur culée

La réalisation d'un joint dalle sur culée consiste à prolonger la dalle du tablier au-dessus du garde-grève. L'étanchéité de ce type de joint est assurée par l'abaissement du niveau de la nappe phréatique sous le niveau de l'interface dalle-garde-grève. Si malgré

ces précautions, il y avait infiltration d'eau à cette interface, la conception du joint fera en sorte que l'eau chargée de chlorures ne pourra pas s'écouler sur les diaphragmes et les poutres qui sont des éléments de pont difficiles à réparer.

Ce joint a beaucoup d'avantages, notamment l'élimination d'un joint de tablier inconfortable pour les usagers, coûteux à installer et à entretenir, pas toujours sécuritaire pour les opérations de déneigement et qui est une source importante d'amplification des impacts des véhicules lourds passant sur le pont.

Le joint dalle sur culée doit être utilisé lorsque le mouvement du tablier à une culée est généralement inférieur à 20 mm. Cette limite de 20 mm a pour but de limiter le bris de l'enrobé à l'extrémité du tablier. La limite de 20 mm peut parfois être légèrement dépassée sur des routes à faible débit de circulation.

3.4.5 Élimination de joint de tablier

Pour un tablier à plusieurs travées discontinues, l'élimination des joints aux piles suppose la réalisation de la continuité au niveau de la dalle sur poutres ou de la partie supérieure d'une dalle épaisse tout en laissant les poutres ou la partie inférieure de la dalle épaisse discontinues.

Bien que l'élimination de joint soit parfois complexe, cette intervention est très rentable, car elle permet de supprimer une cause de dommages continuels. Elle favorise aussi la douceur de roulement pour les véhicules et réduit donc d'autant la charge due aux effets dynamiques sur le tablier, tout en augmentant la sécurité des opérations de déneigement.

L'amélioration du comportement du pont par rapport aux séismes est un autre avantage qui résulte de l'élimination des joints aux piles. La suppression du joint empêche en effet le tablier de se déplacer et de tomber au bas des piles, ce qui est le mode d'effondrement le plus courant lors d'un tremblement de terre.

Si le concepteur a à choisir entre un joint dalle sur culée et l'élimination d'un joint à une pile, il devrait privilégier l'élimination du joint à une pile et localiser le joint de tablier à la culée. Ceci s'explique notamment par le fait qu'une pile est normalement plus difficile d'accès qu'une culée pour d'éventuels travaux de réparation. Mentionnons aussi le fait qu'une pile étant un élément généralement mince et élancé, la réparation n'est pas aussi simple que celle d'une culée; de plus, les surfaces à réparer sont généralement plus importantes.

Il est important de noter qu'il ne faut pas éliminer de joints si cela implique le remplacement d'un joint à simple garniture par un joint à plus d'une garniture.

Trois conditions principales doivent être respectées pour éviter que l'élimination de joints aux piles entraîne certains problèmes :

- aux appuis, les tabliers doivent être en mesure d'effectuer leur mouvement de rotation;
- les déplacements éventuellement imposés aux piles doivent être vérifiés pour s'assurer qu'elles ne risquent pas de fissurer;
- la capacité de mouvement des appareils d'appui des unités de fondation doit être vérifiée.

Mouvement de rotation des tabliers

Alors que la rotation des tabliers produit un déplacement longitudinal au niveau du joint de tablier, ce déplacement se fait plutôt au niveau des appareils d'appui si la dalle est continue au droit de la pile. Pour que le mouvement de rotation des tabliers soit assuré après l'élimination d'un joint de tablier, il est nécessaire qu'une et seulement une des travées s'appuyant sur la pile soit supportée par des appareils d'appui mobiles (figure 3.4-4) et que les poutres ou la partie inférieure de la dalle épaisse demeurent discontinues.

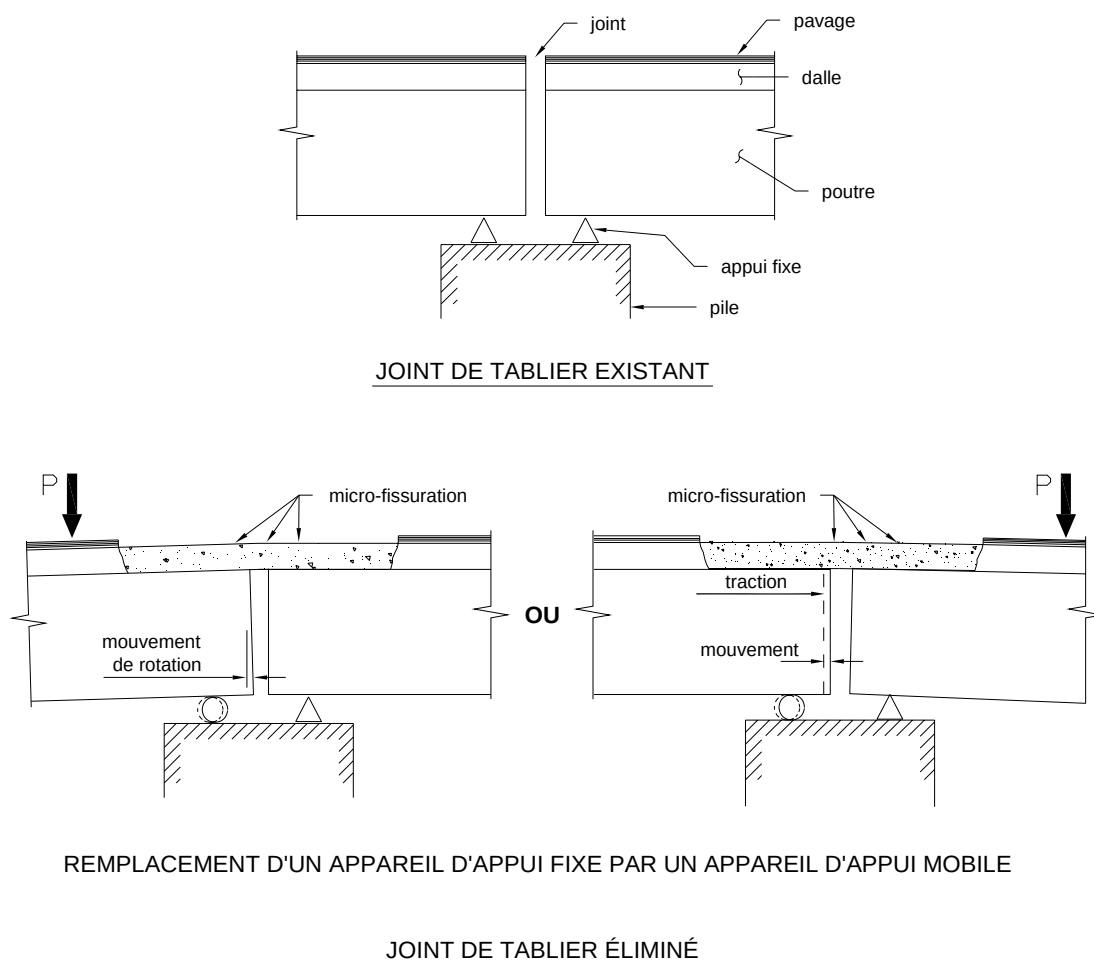
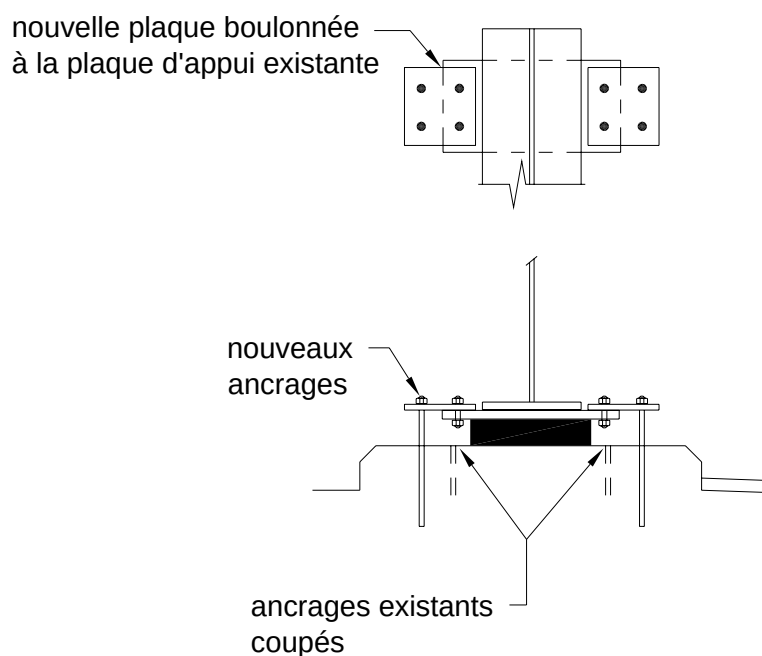


Figure 3.4-4 Élimination de joint de tablier – Mouvement de rotation des poutres

Dans le cas où la transformation d'une partie des appareils d'appui fixes en appareils mobiles est choisie, il faut aussi s'assurer que le système d'ancrage fixant le tablier à la pile a une capacité au moins équivalente à celui qui existait auparavant, et ce, afin de conserver à tout le moins le comportement antisismique d'origine. Pour un pont en béton, il peut s'agir d'ajouter des ancrages additionnels, notamment au moyen de tiges insérées à la suite de forages réalisés depuis le dessus du tablier. Pour un pont en acier, des ancrages de plus grande capacité peuvent être ajoutés aux appareils demeurés fixes de la manière montrée à la figure 3.4.5.

Le mouvement de rotation des tabliers entraîne une fissuration tout à fait normale sur le dessus du béton de la dalle; un ajout d'acier d'armature dans la dalle est fait au droit de la pile pour bien répartir cette fissuration. La présence de celle-ci ne réduit en rien la pertinence de procéder à l'élimination du joint, d'autant plus que la seule autre possibilité est la mise en place d'un joint de tablier avec ce que cela entraîne comme problèmes. Lorsqu'on élimine un joint au-dessus d'une pile, il faut cependant prévoir la pose d'une membrane d'étanchéité pour étancher la fissuration de la dalle.



Poutre en acier

Figure 3.4-5 Modification de la fixité d'un appareil d'appui

Déplacement imposé à une pile

Lorsque la disposition des appareils d'appui fait en sorte que le tablier est fixé à plus d'une unité de fondation, il est possible qu'un déplacement soit imposé à la tête d'une pile (Δ_p). Pour éviter des problèmes de fissuration aux piles, le déplacement calculé Δ_p de toutes les piles (figure 3.4-3) doit être inférieur à 15 mm pour une pile de plus de 10 m de hauteur appuyée sur le roc ou pour une pile de plus de 6 m de hauteur non appuyée sur le roc, la hauteur étant mesurée à partir du dessous de la semelle.

Une pile dont la hauteur est inférieure à ces valeurs est considérée trop rigide pour tolérer un déplacement ($\Delta_p=0$). Pour cette pile de faible hauteur ainsi que pour une pile de hauteur importante, mais ayant un déplacement Δ_p supérieur à 15 mm, il faut remplacer les appareils d'appui fixes par des appareils d'appui mobiles aux extrémités des deux travées s'appuyant sur la pile.

Ce raisonnement ne s'applique généralement pas pour une pile en rivière, puisque celle-ci n'a pas été conçue pour être autoportante pour résister seule à la pression des glaces; dans ce cas, il faut conserver le joint à la pile ou choisir une autre option d'intervention susceptible d'abaisser le déplacement imposé Δ_p sous la barre des 15 mm. Par contre, si la pile peut résister seule à la pression des glaces ou si celle-ci est hors d'atteinte des glaces, on peut procéder à l'élimination du joint. Dans le cas d'une hauteur de glaces peu importante par rapport à celle de la pile, il est recommandé de consulter un ingénieur spécialiste en structures pour déterminer s'il est possible de procéder à l'élimination du joint.

Capacité de mouvement des appareils d'appui

L'élimination d'un joint de tablier à une pile peut impliquer le remplacement ou la modification d'appareils d'appui aussi bien à la pile où le joint est éliminé qu'à d'autres unités de fondation. Ces interventions sont requises pour assurer la rotation des poutres, ou pour tenir compte de l'augmentation du mouvement du tablier.

3.4.6 Choix d'interventions sur les joints

Les possibilités d'interventions sur les joints varient largement en fonction de la longueur des travées, du type et de la disposition des appareils d'appui ainsi que des mouvements théoriques ou réels du tablier aux joints.

Le tableau 3.4-2 présente différentes possibilités de joint dalle sur culée ou d'élimination de joint pour des ponts à travées continues (TC), à deux travées simples (TD) ou à trois travées simples (TT).

Pour chaque disposition existante des appareils d'appui et des discontinuités du tablier, le tableau indique les interventions à privilégier. Les options d'interventions sont classées selon l'ordre d'intervention le moins coûteux et qui nécessite le moins

d'entretien ultérieur, l'option 1 devant être privilégiée en premier, et ainsi de suite.

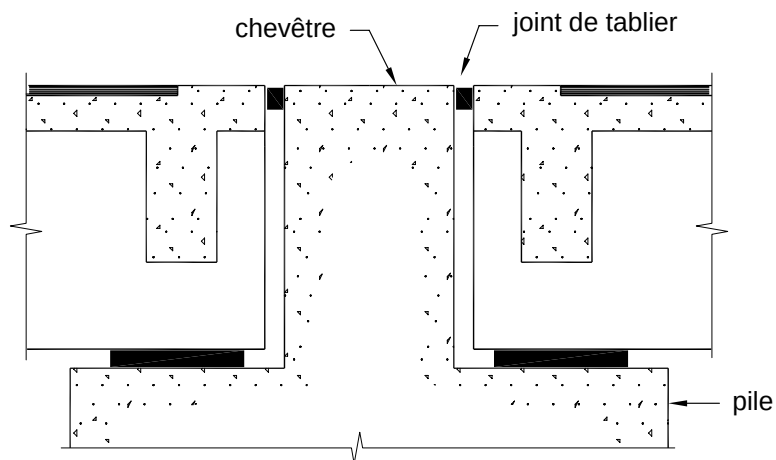
Mentionnons qu'aucune option d'intervention ne prévoit la pose d'un joint de tablier à une pile, car cette option est trop coûteuse; cette option doit par contre être considérée pour un pont de grande envergure. Mentionnons aussi qu'aucune option d'intervention ne prévoit, à une culée, le remplacement des appareils d'appui fixes par des appareils d'appui mobiles afin de ne pas augmenter la charge sismique à d'autres unités de fondation. Pour les mêmes raisons, aucune option d'intervention ne prévoit, à une pile, le remplacement de tous les appareils d'appui fixes par des appareils mobiles.

Le tableau 3.4-2 ne couvre cependant pas les cas suivants :

- deux joints de tablier à une pile, un de chaque côté du chevêtre (figure 3.4-6);
- joint de tablier situé entre deux unités de fondation (figure 3.4-6);
- pont à poutres triangulées.

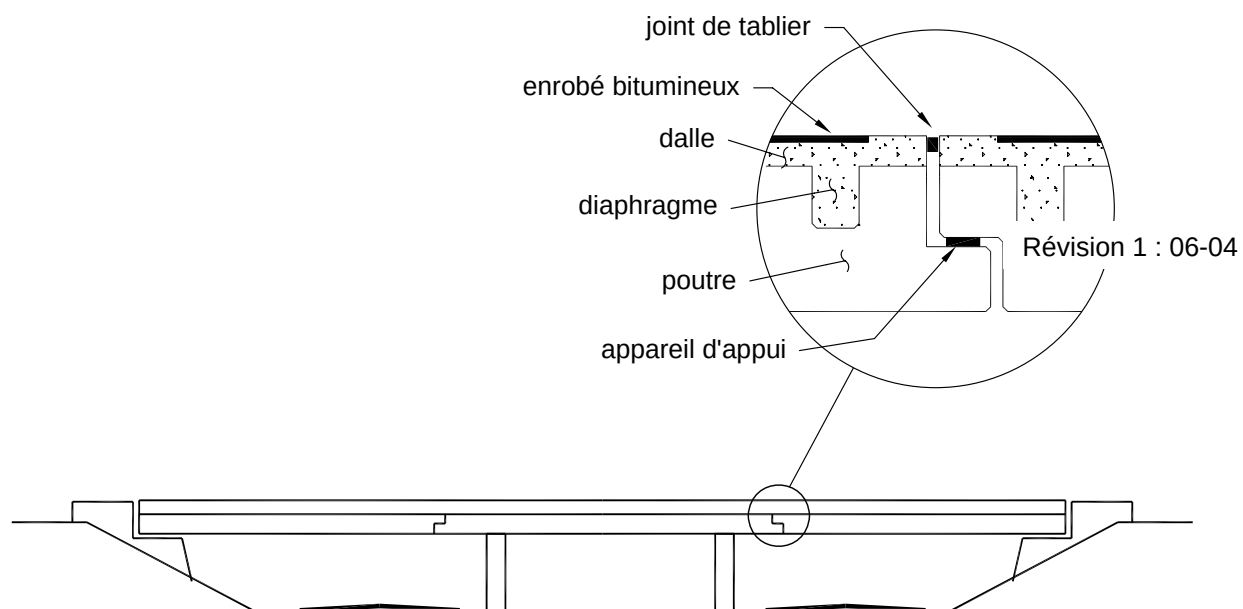
Pour les ponts de plus de trois travées et pour ceux dont l'arrangement n'est pas prévu au tableau 3.4-2, il est préférable de consulter un ingénieur en structure pour déterminer les possibilités d'interventions les plus appropriées. Cette recommandation s'applique également aux ponts où il serait très difficile d'éliminer un joint ou de remplacer ou modifier les appareils d'appui. De plus, dans le cas où le concepteur pense qu'il serait possible d'éliminer la fixité d'une travée à une culée, ou de deux travées à une pile, à cause du faible élancement de l'unité de fondation concernée, il doit vérifier, ou faire vérifier par un ingénieur en structure, si cela est possible tout en conservant une résistance sismique équivalente.

Pour utiliser le tableau 3.4-2, il faut connaître le mouvement réel ou théorique (Δ_r ou Δ_t) et la disposition existante des appareils d'appui, calculer le déplacement imposé aux piles (Δ_p) et s'assurer de la possibilité de faire les changements requis aux appareils d'appui et de conserver le mouvement de rotation des tabliers.



Pile avec deux joints de tablier

Révision 2 : 06-04



Joint de tablier entre deux unités de fondation

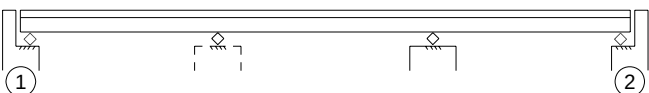
Figure 3.4-6 Dispositions particulières de joints

Tableau 3.4-2 Interventions sur joints de tablier

LÉGENDE	
APPAREILS D'APPUI	CODE D'ARRANGEMENT
 Appui mobile existant	TC pont à une travée ou pont à deux ou trois travées continues
 Nouvel appui mobile	TD pont à deux travées
 Appui fixe existant	TT pont à trois travées
 Appui existant fixe ou mobile, simple ou jumelé	
 Appui et unité de fondation facultatifs	
JOINTS	
 Joint de tablier à une pile	
 Maintien ou remplacement de joint de tablier à une culée (voir activité 3051)	
 Joint dalle sur culée (voir activité 3052)	
 Élimination de joint de tablier à une pile (voir activité 3053)	
MOUVEMENTS	
Δ_r Mouvement total réel mesuré (mm)	
Δ_t Mouvement total théorique calculé (mm)	
Δ_p Déplacement imposé à une pile (mm)	
J Indique le mouvement (Δ_r ou Δ_t) à utiliser pour le dimensionnement du nouveau joint de tablier	
CRITÈRES	
 Vérification de la capacité de l'appareil d'appui existant à reprendre un transfert de mouvement	
 Arrangement des appareils d'appui à la pile à ne pas inverser	
 La capacité du système d'ancrage à la pile de cette travée doit être augmentée afin d'être au moins équivalente à la capacité totale du système d'ancrage d'origine (2 travées)	

(suite page suivante)

(suite du tableau 3.4-2)

ARRANGEMENT		CONDITIONS				DISPOSITION DES JOINTS ET APPAREILS D'APPUI
		appui	Δ_r (mm)	Δ_t (mm)	Δ_p (mm)	
TC1	EXISTANT					
	option 1	①	≤ 20			
		②	≤ 20			
	option 2	①	≤ 20			
		②	J			
	option 3	①	J			
		②	J			

(suite page suivante)

(suite du tableau 3.4-2)

ARRANGEMENT		CONDITIONS				DISPOSITION DES JOINTS ET APPAREILS D'APPUI
		appui	Δ_r (mm)	Δ_t (mm)	Δ_p^* (mm)	
TD1	EXISTANT					
	option 1	①	≤ 20			
		③	≤ 20			
	option 2	①	J			
		③	≤ 20			
	option 3	①	J			
		③	J			
TD2	EXISTANT					
	option 1	②			≤ 15	
		③		≤ 20		
	option 2	②			≤ 15	
		③		J		

* Voir les conditions à la section 3.4.5

(suite page suivante)

(suite du tableau 3.4-2)

ARRANGEMENT		CONDITIONS				DISPOSITION DES JOINTS ET APPAREILS D'APPUI
		appui	Δ_r (mm)	Δ_t (mm)	Δ_p^* (mm)	
TT1	EXISTANT					
	option 1	③			≤ 15	
		④		≤ 20		
	option 2	③			≤ 15	
		④		J		
TT2	EXISTANT					
	option 1	①		≤ 20		
		③			≤ 15	
		④		≤ 20		
	option 2	①		≤ 20		
		③			≤ 15	
		④		J		
	option 3	①		J		
		③			≤ 15	
		④		J		

* Voir les conditions à la section 3.4.5

(suite page suivante)

(suite du tableau 3.4-2)

ARRANGEMENT		CONDITIONS				DISPOSITION DES JOINTS ET APPAREILS D'APPUI
		appui	Δ_r (mm)	Δ_t (mm)	Δ_p^* (mm)	
TT3	EXISTANT					
	option 1	③			≤ 15	
		④		≤ 20		
	option 2	③			≤ 15	
		④		J		
TT4	EXISTANT					
	option 1	①	≤ 20			
		④	≤ 20			
	option 2	①	J			
		④	≤ 20			
	option 3	①	J			
		④	J			

* Voir les conditions à la section 3.4.5

3.5 NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES APPAREILS D'APPUI

Les principaux défauts des appareils d'appui sont décrits au chapitre 7 du *Manuel d'inspection des structures – Évaluation des dommages*.

Les appareils d'appui sont des équipements de pont qui servent à la fois à transmettre aux unités de fondation (culées et piles) les réactions provenant du tablier et à permettre des mouvements de translation et de rotation de ce dernier. Ils peuvent être fixes ou mobiles.

Les appareils d'appui fixes permettent uniquement la rotation. Généralement, le tablier d'un pont est fixé à au moins un de ses appuis. Les appareils d'appui mobiles permettent quant à eux la rotation et la translation, sauf les appareils guidés qui restreignent le mouvement transversal.

Les appareils d'appui fixes transmettent les efforts verticaux et horizontaux. Les appareils d'appui mobiles transmettent les efforts verticaux, ainsi que les efforts latéraux dans le cas des appareils d'appui guidés.

Les mouvements permis par les appareils d'appui sont nécessaires pour empêcher la transmission d'efforts importants dans le tablier du pont. La translation permet principalement d'éliminer les efforts dus aux variations de température; la rotation permet le fléchissement du tablier, ce qui empêche une augmentation indue des contraintes lors du passage des véhicules.

Certains types de ponts tels les ponceaux et les portiques ne possèdent pas d'appareils d'appui.

Les types d'appareils d'appui qui sont utilisés de nos jours et leurs caractéristiques sont décrits à la section 11.2 du *Manuel de conception des structures – Volume 1*.

3.5.1 Types d'interventions

Bien qu'il soit parfois possible de réparer certains appareils d'appui, l'intervention la plus souvent retenue est leur remplacement. Cela est dû au fait que les causes du mauvais fonctionnement d'un appareil d'appui sont rarement identifiées d'une façon claire avant les travaux, et que les moyens pour y remédier ne sont précisés qu'une fois le démontage complété.

Lors d'un projet de réparation d'appareils d'appui, l'entrepreneur qui doit suspendre temporairement les travaux sur le chantier demande fréquemment une compensation financière pour le temps perdu à attendre la solution finale. Pour cette raison, le remplacement des appareils d'appui est une intervention plus simple et comportant moins d'imprévus, car la nature des travaux à réaliser est déjà connue avant le début du projet sur le terrain. Enfin, le processus de fabrication des appareils d'appui peut être enclenché plus rapidement, réduisant par le fait même les délais d'exécution.

Lors d'un remplacement, on doit toujours privilégier l'utilisation de plaques en élastomère fretté dans la mesure où la capacité de charge et de mouvement le permettent à l'intérieur d'une hauteur libre disponible.

3.5.2 Levage et support du tablier

Lorsqu'on doit procéder au remplacement des appareils d'appui, on doit déterminer avec le plus de précision possible les conditions d'exécution des travaux : avec ou sans circulation, avec ou sans la dalle, etc.

Pour procéder au remplacement des appareils d'appui, on doit habituellement effectuer un levage du tablier. Il est important de vérifier à l'avance si les poutres de levage ou les diaphragmes peuvent être utilisés comme points de levage et si oui, suivant quelles conditions. Pour certaines structures, les poutres de levage ou les diaphragmes n'ont pas été prévus pour supporter les surcharges routières, ni même la dalle de béton à l'occasion.

Il est important aussi de vérifier l'état des poutres de levage ou des diaphragmes. Des réparations peuvent être requises avant d'effectuer le levage s'il y a présence de rouille importante, d'une perforation de l'acier, ou d'une détérioration significative du béton.

On doit aussi s'assurer que rien n'empêche le soulèvement du tablier. Ainsi, en présence d'un joint à plus d'une garniture, les barres de support des modules, encastrées dans le mur garde-grève, empêchent tout mouvement vertical du tablier. Un tablier dont les poutres sont appuyées contre le garde-grève sera également très difficile à soulever.

Une extrémité de tablier doit toujours être soulevée uniformément sur toute sa largeur, à chaque unité de fondation, afin de ne pas endommager les diaphragmes ou les contreventements. La valeur maximale de 15 mm indiquée au CCDG pour le soulèvement du tablier est liée au confort de roulement pour la circulation; si celle-ci est interrompue, cette valeur peut être majorée.

S'il s'avère impossible de soulever le tablier, il peut être envisagé de remplacer l'appareil d'appui en supportant le tablier, en démolissant l'assise sous les appareils existants, puis en reconstruisant l'assise après avoir mis en place les nouveaux appareils.

Pour des travaux à des appareils d'appui fixes, il faut s'assurer du blocage longitudinal du tablier. Un système de retenue temporaire peut être requis lors des travaux.

3.5.3 Fixation du tablier

Pour une unité de fondation comportant des appareils d'appui fixes, il est généralement requis de relier ces appareils au tablier ainsi qu'à l'unité de fondation. L'appareil d'appui est normalement fixé à l'unité de fondation au moyen de boulons d'ancrage. Le mode de fixation au tablier peut varier selon le type de matériau auquel est fixé l'appareil : en acier, en béton coulé sur place ou en béton préfabriqué.

Sous une poutre en acier, l'appareil à élastomère confiné ou à élément glissant peut y être soudé ou boulonné. Pour un appareil à élastomère fretté, c'est la plaque de support placée entre l'appareil et la poutre qui est soudée à cette dernière, puis ancrée à l'unité de fondation; ce type d'appareil est retenu latéralement par une bordure en acier soudée sous la plaque.

Sous un élément en béton coulé sur place, l'appareil peut être fixé en utilisant, si elle existe, la plaque en acier où était fixé l'ancien appareil. Les appareils à élastomère confiné ou à éléments glissants peuvent être ancrés au béton. Les appareils à élastomère fretté mobiles sont simplement placés sous la poutre, ils sont toutefois retenus latéralement par un cadre en acier ancré à l'unité de fondation. Pour les appareils à élastomère fretté fixes, le tablier doit être fixé directement à la fondation, sans l'intermédiaire de l'appareil d'appui.

Sous un élément en béton préfabriqué, la méthode de fixation est la même que pour le béton coulé en place, sauf qu'il est très difficile d'ancrer l'appareil à la poutre vu la présence des nombreux câbles de précontrainte à la base de la poutre.

Pour réaliser les trous requis pour les ancrages sur les unités de fondation, il faut avoir un dégagement suffisant pour permettre la présence d'une foreuse et de sa mèche. Les ancrages ne doivent donc pas être placés sous les poutres, les poutres de levage et les diaphragmes. Si le tablier ne possède pas de poutres, il faut envisager des ancrages situés sur la face verticale des unités de fondation. Les appareils d'appui, leur plaque de support et les cadres de retenue doivent être modifiés en conséquence.

Pour le calcul des efforts horizontaux, on peut de façon sécuritaire considérer une valeur égale à 25 % du poids de l'élément à retenir à condition que les unités de fondation ne reposent pas sur des pieux. Cette façon de faire n'est cependant pas valable pour des ponts situés près des municipalités de Saguenay (Bagotville), Montmagny, Saint-Hubert-de-Rivière-du-Loup, La Malbaie, Rivière-du-Loup et Tadoussac, où les efforts sont plus grands.

Pour les efforts longitudinaux d'un appareil d'appui fixe retenant plus d'une travée, il faut considérer le poids de toutes les travées qui sont retenues par cet appareil.

Pour reprendre les efforts latéraux, il est toujours plus simple de bâtir des butoirs en béton entre les poutres.

Lorsqu'on installe des ancrages sur un chevêtre, on doit vérifier la localisation de l'acier d'armature afin de ne pas couper une barre d'armature importante structuralement. Il faut également éviter d'intercepter des barres verticales lors du forage du trou, car l'extraction de la carotte de béton sera impossible dans cette situation.

Lorsqu'un pont est en pente, il faut prévoir l'utilisation d'une plaque biseautée si on ne peut pas utiliser la plaque existante.

3.6 ACTIVITÉS D'ENTRETIEN

Les activités d'entretien qui sont présentées dans cette section sont les méthodes d'intervention les plus courantes permettant de corriger, à divers niveaux, les défauts identifiés lors de l'inspection des structures. Les méthodes d'intervention et les façons de faire proposées sont basées sur l'expérience acquise lors de travaux antérieurs ainsi que sur la dynamique de dégradation des différents éléments et matériaux composant les structures.

Les activités considérées comme entretien préventif (activités du groupe 1000) se retrouvent au chapitre 2 « Entretien préventif ».

Les activités d'entretien se répartissent en entretien courant (groupe 2000) et en réparation (groupe 3000).

Pour se repérer dans la codification des activités d'entretien, il peut être utile de mentionner les caractéristiques suivantes :

- Pour les unités de « centaine » :
 - X1YZ : activités associées à des éléments en béton;
 - X2YZ : " " " " acier;
 - X3YZ : " " " " bois.

- Pour les unités de « dizaine » (partiellement applicables) :
 - XY1Z : activités associées aux éléments d'unité de fondation;
 - XY2Z : " " " " de système structural;
 - XY3Z : " " " " de tablier.

Quelques activités complémentaires ne paraissent pas spécifiquement sur les fiches d'inspection. Ce sont des opérations de base telles que le levage du tablier (3002), les méthodes de réparation du béton (3101, 3102, 3103 et 3105), et d'autres, comme la résistance sismique d'un pont (3025).

Des activités de réfection majeure sont également prévues dans le cadre d'une planification de gestion plus complète des structures (activités du groupe 5000). Ces activités correspondent aux interventions d'importance réalisées sur les structures : remplacement de la dalle (5003), remplacement du tablier (5002), remplacement complet de la structure (5001), renforcement du système structural (5004) et élargissement du tablier (5005).

D'autres activités non normalisées touchent les interventions sur les tunnels / stations de pompage (5010), les systèmes d'éclairage (5015) ainsi que les participations financières particulières du Ministère (5020).

Remarques

- Pour certaines activités, des références à d'autres documents du Ministère sont mentionnées pour aider l'utilisateur à préparer un projet.
- Pour les activités dont la mise en œuvre est couverte par le CCDG ou le devis type, il est recommandé de s'y référer pour élaborer les documents de soumission. Les méthodes de travail présentées à l'intérieur des activités d'entretien sont des synthèses qui omettent parfois certains détails qui sont tout de même requis pour la réalisation.
- Les notes figurant à la fin des activités fournissent des renseignements utiles pour confirmer ou réorienter la démarche d'intervention choisie à la suite de l'inspection.
- Les croquis figurant à l'intérieur des activités sont montrés à titre indicatif. Ces croquis ne sont pas conçus pour être utilisés tels quels dans des documents contractuels, à moins qu'ils aient été approuvés, avec modifications s'il y a lieu, par le concepteur.

Ainsi, les croquis de réparation d'éléments en béton qui pourraient se retrouver dans des documents contractuels ne doivent pas montrer de coffrages, puisque ces ouvrages temporaires sont sous la responsabilité de l'entrepreneur qui exécute les travaux. De même, les croquis montrant des ouvrages de support temporaire ne doivent pas être utilisés tels quels.

RÉPARATION / REMPLACEMENT DE PANNEAUX DE SIGNALISATION

**ACTIVITÉ
2011**

**DATE
2006-04-18**

**PAGE
1 de 2**

RÉFÉRENCES

Normes du MTQ

- . Tome VI – Entretien, chapitre 3, normes 3101, 3201, 3202 et 3203.

DESCRIPTION

Opération consistant à installer, remettre en état ou remplacer la signalisation concernant une structure.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur les critères suivants :

- . Panneaux affichant des informations inexactes, illisibles ou non adaptées aux dangers ou aux particularités à signaler.
- . Panneaux non conformes au Règlement sur la signalisation routière au Québec.
- . Panneaux endommagés, déficients ou manquants.

MÉTHODE DE TRAVAIL

1. S'assurer que les informations figurant sur les panneaux sont conformes aux dangers et aux particularités à signaler.
2. Pour le remplacement et l'installation de nouveaux panneaux, se référer au Règlement sur la signalisation routière au Québec, Dispositions générales, Section III « Installation de la signalisation ».
3. Pour la réparation de panneaux endommagés ou déficients, voir la méthode de travail décrite au Tome VI – Entretien, chapitre 3, norme 3101 « Entretien de la signalisation existante ».
4. S'assurer d'enlever la végétation, la neige, la saleté ou tout autre élément pouvant nuire à la visibilité ou à la réflectivité des panneaux.

RÉPARATION / REMPLACEMENT DE PANNEAUX DE SIGNALISATION

ACTIVITÉ
2011

DATE
2006-04-18

PAGE
2 de 2

Notes

- . Les panneaux et les poteaux endommagés qui ne peuvent pas être redressés ou réparés doivent être remplacés.
- . Les délais d'intervention pour effectuer la réparation ou le remplacement sont fonction de la sécurité des usagers et de l'importance du panneau déficient.
- . Pour la réparation de poteaux endommagés ou déficients, se référer au Tome VI – Entretien, chapitre 3, norme 3101 « Entretien de la signalisation existante ».
- . Pour la réparation et l'entretien des bases servant de support aux installations aériennes, se référer au Tome VI – Entretien, chapitre 3, norme 3201 « Entretien des bases ».
- . Pour la réparation et l'entretien d'installations de signalisation aérienne, se référer au Tome VI – Entretien, chapitre 3, normes 3202 « Entretien des installations sur structures latérales » et 3203 « Entretien des installations sur structures en portique ».
- . Pour l'entretien de la signalisation, se référer au Règlement sur la signalisation routière au Québec, Dispositions générales, Section IV.

SCELLEMENT DE FISSURES DE L'ENROBÉ

ACTIVITÉ
2061

DATE
2006-04-18

PAGE
1 de 1

RÉFÉRENCES

Normes du MTQ

- . Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1106.

DESCRIPTION

Obturation des fissures en vue de rendre le revêtement moins perméable.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur le critère suivant :

- . Apparition de fissures simples sur la surface de l'enrobé du pont et de la route sur laquelle il est situé.

MÉTHODE DE TRAVAIL

Voir la méthode de travail décrite au Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1106 « Colmatage de fissures (enrobé) ».

Note

- . Il n'est pas économique de procéder au colmatage de fissures si celles-ci sont limitées à l'enrobé du pont.
- . Respecter les taux minima et maxima de colmatage de fissures indiqués au Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1106 « Colmatage de fissures (enrobé) ».

RAPIÉÇAGE À L'ENROBÉ

ACTIVITÉ
2062

DATE
2006-04-18

PAGE
1 de 1

RÉFÉRENCES

Normes du MTQ

- . Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1102.

DESCRIPTION

Réparation d'une partie restreinte de la surface de roulement en enrobé sur une structure ou sur l'approche d'une structure.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur les critères suivants :

- . Fissure large, nid-de-poule ou dégradation de la couche d'enrobé compromettant le confort et la sécurité des usagers.
- . Affaissement de plus de 30 mm de l'enrobé à l'approche, causant un impact important sur la structure ou sur l'approche.
- . Usure, désagrégation ou éclatement du béton, décalage vertical ou autre défaut du joint de tablier, compromettant le confort et la sécurité des usagers.

MÉTHODE DE TRAVAIL

Voir la méthode de travail décrite au Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1102 « Rapiéçage manuel à l'enrobé ».

Notes

- . Lorsque la dégradation de l'enrobé est accompagnée d'une détérioration importante de la dalle de béton, il faut considérer une correction de la dalle (activité 2131).
- . Lorsque le rapiéçage à l'enrobé d'un épaulement d'un joint de tablier ne peut corriger les défauts, il faut envisager une correction d'épaulement du joint (activité 2051).
- . Lorsque l'affaissement de l'enrobé à l'approche est très important, il est recommandé d'envisager une correction du profil à l'approche (activité 3066).

RAPIÉÇAGE AU MATÉRIAU GRANULAIRE

ACTIVITÉ
2063

DATE
2006-04-18

PAGE
1 de 1

RÉFÉRENCES

Normes du MTQ

- . Tome VI – Entretien, chapitre 1, normes 1201, 1202 et 1203.

DESCRIPTION

Réparation d'une partie restreinte de la surface de roulement en matériau granulaire de l'approche d'une structure.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur les critères suivants :

- . Affaissement ou soulèvement du matériau granulaire de l'approche immédiate de la structure compromettant le confort ou la sécurité des usagers.
- . Érosion ou absence localisée du matériau granulaire de la surface de roulement causant un impact important sur la structure ou sur l'approche.

MÉTHODE DE TRAVAIL

Voir la méthode de travail décrite au Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1201 « Rapiéçage au matériau granulaire ».

Note

- . Si la surface de roulement à l'approche est fortement détériorée ou qu'elle ne permet pas un drainage adéquat des eaux de ruissellement, il faut envisager un grattage et une mise en forme (norme 1203, Tome VI) ou bien un rechargement de la chaussée en matériau granulaire (norme 1202, Tome VI).

REEMPLACEMENT DE BOULONS / RIVETS

ACTIVITÉ
2201

DATE
2006-04-18

PAGE
1 de 1

RÉFÉRENCES

Aucune.

DESCRIPTION

Remplacement des boulons ou des rivets d'assemblage fortement corrodés, desserrés ou manquants.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur le critère suivant :

- . Plus de 10 % des boulons ou rivets d'un assemblage fortement corrodés, desserrés ou manquants.

MÉTHODE DE TRAVAIL

1. Enlever les boulons ou les rivets défectueux à l'aide d'un chalumeau (en évitant de surchauffer le reste de l'assemblage) ou d'une cisaille pneumatique, en commençant par les plus détériorés.
2. Nettoyer le pourtour des trous pour que la tête du boulon et l'écrou portent uniformément.
3. Mettre en place les nouveaux boulons et les serrer à bloc.

Notes

- . En remplaçant en premier les boulons et les rivets les plus détériorés et en s'assurant qu'il n'en manque jamais plus de 20 % pour une membrure, il est généralement possible de remplacer plusieurs boulons ou rivets d'un assemblage sans support temporaire ou sans devoir interrompre la circulation.

POSE / RÉPARATION D'UN GABARIT

ACTIVITÉ
3005

DATE
2006-04-18

PAGE
1 de 1

RÉFÉRENCES

Aucune.

DESCRIPTION

Installation d'un gabarit de véhicules aux extrémités d'un pont couvert.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur les critères suivants :

- . Lorsqu'une limitation de hauteur est requise pour protéger l'intégrité d'un pont couvert.
- . Lorsque des mesures complémentaires sont nécessaires pour renforcer l'application d'une restriction de charge pour un pont couvert.

MÉTHODE DE TRAVAIL

1. Évaluer la configuration aux approches du pont en vue de choisir la localisation optimale du gabarit.
2. Procéder à l'excavation en vue de construire les fondations du gabarit. Le dessous de la fondation doit être au moins 1,5 m plus bas que le profil de la route.
3. Mettre en place le gabarit, en acier galvanisé, de façon à ce que la hauteur libre entre la membrure horizontale et le niveau de la route réponde aux exigences demandées.
4. Sécuriser le gabarit pour avoir une bonne position verticale, et consolider ses assises en comblant les vides sous les plaques d'appui à l'aide d'un coulis sans retrait.

Note

- . La hauteur libre sous le gabarit doit être déterminée en fonction de la géométrie du pont et de sa capacité portante.

AMÉNAGEMENT DE L'APPROCHE

ACTIVITÉ
3068

DATE
2006-04-18

PAGE
1 de 2

RÉFÉRENCES

Normes du MTQ

- . Tome VI – Entretien, chapitre 1, normes 1301, 1303, 1504, 1404 et 1406.

DESCRIPTION

Correction de certains éléments déficients de l'approche d'une structure pour empêcher l'érosion, favoriser le drainage adéquat des eaux de ruissellement et assurer la sécurité des usagers.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur les critères suivants :

A) Accotement

- . Érosion ou absence localisée de matériau granulaire sur l'accotement de l'approche d'une structure pouvant compromettre la sécurité des usagers.

B) Bordures

- . Section de bordure endommagée, non conforme ou manquante pouvant compromettre la sécurité des usagers ou causant l'érosion de l'accotement, du remblai ou de la protection de talus.

C) Système de drainage

- . Système de drainage déficient, inadéquat ou inexistant, causant l'érosion de l'accotement, du remblai ou de la protection de talus.

MÉTHODE DE TRAVAIL

A) Accotement

1. Pour corriger des dégradations restreintes de l'accotement par l'apport d'un matériau granulaire, voir la méthode de travail décrite au Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1301 « Rapiéçage d'accotement en matériaux granulaires ».

AMÉNAGEMENT DE L'APPROCHE

ACTIVITÉ
3068

DATE
2006-04-18

PAGE
2 de 2

2. Pour redonner à l'accotement le profil désiré sans apport de matériau granulaire, voir la méthode de travail décrite au Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1303 « Mise en forme d'accotement ».

B) Bordures

Pour la réparation, le remplacement ou l'addition de bordures, voir la méthode de travail décrite au Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1504 « Bordures et musoirs ».

Note

- . Choisir un type de bordure et un type d'aménagement permettant une évacuation adéquate des eaux de ruissellement.

C) Système de drainage

1. Pour corriger des déficiences des puisards ou des regards d'égouts pluviaux, voir la méthode de travail décrite au Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1404 « Réparation des regards, des puisards et des conduites ».
2. Pour réparer ou améliorer des systèmes d'évacuation des eaux en conduites ouvertes, voir la méthode de travail décrite au Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1406 « Réparation des rigoles ».

Note

- . S'assurer que les eaux de ruissellement sont adéquatement évacuées au niveau de la chaussée, des accotements et des bordures avant de finaliser l'aménagement du système de drainage.

RÉPARATION / REMPLACEMENT DE GLISSIÈRE À L'APPROCHE

ACTIVITÉ
3074

DATE
2006-04-18

PAGE
1 de 2

RÉFÉRENCES

Normes du MTQ

- . Tome I – Conception routière, chapitre 13;
- . Tome II – Construction routière, chapitre 7;
- . Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1501.

DESCRIPTION

Réparation ou remplacement d'une glissière de sécurité semi-rigide à l'approche de la structure.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur les critères suivants :

- . Bris, déformation ou absence de glissière à l'approche, constituant un danger pour les usagers.
- . Espacement non conforme des poteaux de la glissière à l'approche.
- . Mauvais alignement latéral de la glissière à l'approche avec la glissière de la structure.

MÉTHODE DE TRAVAIL

- . Pour avoir une glissière à l'approche qui est fonctionnelle, deux conditions de base doivent être respectées :
 - une transition de rigidité adéquate;
 - un raccordement approprié à la glissière de la structure (voir activité 3072).
- . Voir la méthode de travail décrite au Tome VI – Entretien, chapitre 1, norme 1501 « Glissières de sécurité flexibles et semi-rigides ».

Notes

- . Avant d'entreprendre l'installation d'une nouvelle glissière à l'approche, s'assurer que la longueur de la glissière sera conforme aux exigences du Tome I – Conception routière, chapitre 13 « Dispositifs de retenue ».

RÉPARATION / REMPLACEMENT DE GLISSIÈRE À L'APPROCHE

ACTIVITÉ
3074

DATE
2006-04-18

PAGE
2 de 2

- . Lors de l'installation d'une nouvelle glissière à l'approche, s'assurer que le raccordement ainsi que la transition de rigidité sont adéquats. Voir Tome II – Construction routière, chapitre 7 « Dispositifs de retenue ».
- . Lorsque la glissière à l'approche comporte un désalignement latéral important avec la glissière de la structure, de sorte que la transition longitudinale n'est pas conforme aux normes (biseau de 1:40 ou de 1:20 selon le sens de la circulation), il est recommandé de procéder à une relocalisation complète de la glissière à l'approche.

Lorsque la glissière à l'approche n'a qu'un désalignement latéral mineur par rapport à la glissière de la structure, il est possible d'envisager une relocalisation partielle de la lisse (par le biais d'un ajout de blocs espaceurs par exemple).

RÉPARATION / REMPLACEMENT DE MUR ANTIBRUIT

ACTIVITÉ
3083

DATE
2006-04-18

PAGE
1 de 1

RÉFÉRENCES

Aucune.

DESCRIPTION

Réparation ou remplacement d'un mur antibruit.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur les critères suivants :

A) Réparation

. Dégradations ou défauts sur moins de 20% de la surface ou de la longueur d'un mur.

B) Remplacement

. Dégradations ou défauts sur plus de 20% de la surface ou de la longueur d'un mur.

MÉTHODE DE TRAVAIL

A) Réparation

À déterminer par un spécialiste en fonction de la nature des matériaux constitutifs.

B) Remplacement

À déterminer selon les besoins d'atténuation acoustique et la disponibilité des concepts de mur sur le marché.

RÉPARATION DE FISSURE D'UNE UNITÉ DE FONDATION EN BÉTON

ACTIVITÉ
3115

DATE
2006-04-18

PAGE
1 de 2

RÉFÉRENCES

Aucune.

DESCRIPTION

Réparation sans surépaisseur de béton d'une fissure verticale importante dans le mur de front d'une culée, le fût d'une pile, un mur ou une béquille d'un portique.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur le critère suivant :

- . Fissure active, verticale, unique, large de plus de 6 mm et s'étendant sur toute la hauteur du mur de front, du fût, du mur ou de la béquille.

MÉTHODE DE TRAVAIL

Voir activité :

- . 3101 – Réparation avec coffrages sans surépaisseur.

Notes

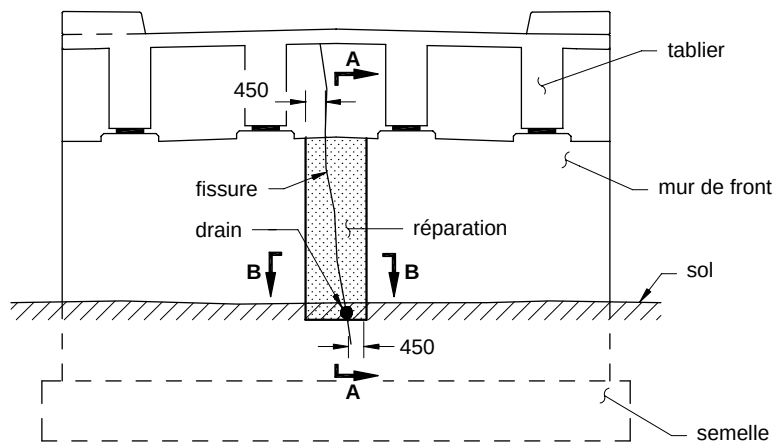
- . La réparation de fissure vise à stabiliser un déplacement entre deux parties d'élément. Elle doit être recommandée par un ingénieur spécialiste en structure.
- . La réparation doit couvrir une largeur minimale de 450 mm de part et d'autre de la fissure, toute la hauteur apparente de l'élément et se prolonger au moins 300 mm sous le terrain naturel. Les traits de scie doivent être verticaux.
- . Les ancrages retenant les deux parties de l'élément sont des barres d'armature en forme de U dont les pattes sont ancrées dans le béton de part et d'autre de la fissure.
- . L'eau pouvant s'infiltrer par la fissure jusqu'à la réparation doit être drainée par un petit tuyau installé à la partie inférieure de la réparation.

RÉPARATION DE FISSURE D'UNE UNITÉ DE FONDATION EN BÉTON

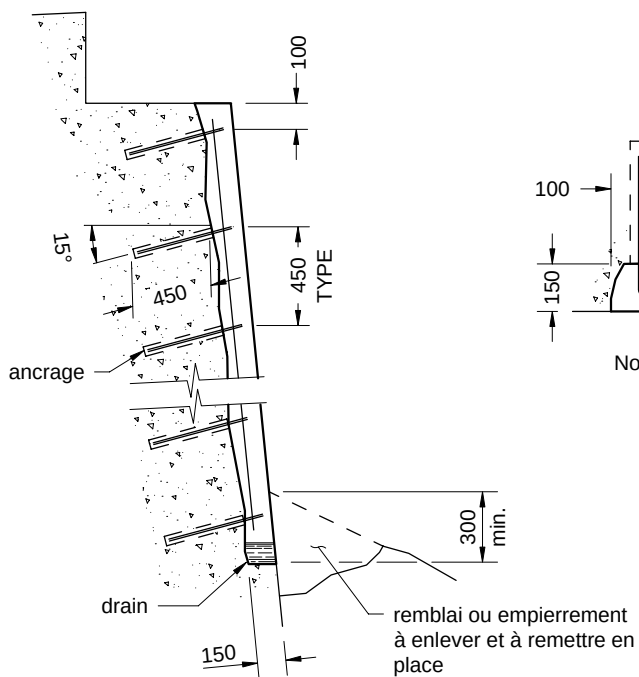
ACTIVITÉ
3115

DATE
2006-04-18

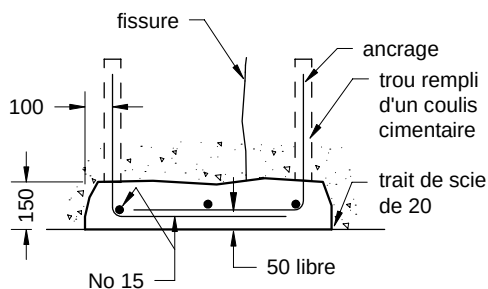
PAGE
2 de 2



ÉLÉVATION



COUPE A-A



COUPE B-B

REPLACEMENT D'ENTRETOISES / LONGERONS EN BOIS

ACTIVITÉ
3321

DATE
2006-04-18

PAGE
1 de 1

RÉFÉRENCES

Aucune.

DESCRIPTION

Remplacement des longerons en bois d'un pont à poutres triangulées en acier par des longerons en acier et reconstruction d'un nouveau platelage en bois.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur les critères suivants :

- . Pourriture importante ou altération physique sur plus de 20 % des longerons.

MÉTHODE DE TRAVAIL

1. Fermer le pont à toute circulation.
2. Enlever les glissières, les chasse-roues, les madriers de plancher, les traverses et les longerons.
3. Nettoyer et peindre si possible les surfaces corrodées des poutres et des entretoises en acier.
4. Installer des longerons en acier.
5. Construire un nouveau platelage, y compris les chasse-roues et les glissières.

Notes

- . Le dimensionnement des longerons doit être fait par un ingénieur spécialiste en structure.
- . Avant d'envisager le remplacement complet des longerons et du platelage, il faut procéder à une expertise du système structural et des éléments de fondation ainsi qu'à une étude économique comparant les diverses solutions possibles.
- . Il est possible de remplacer des entretoises et des longerons endommagés sous le tablier d'un pont couvert.

RÉPARATION D'UNITÉ DE FONDATION EN MAÇONNERIE

ACTIVITÉ
3411

DATE
2006-04-18

PAGE
1 de 1

RÉFÉRENCES

Aucune.

DESCRIPTION

Reprise de joints détériorés ou consolidation / remplacement de pierres brisées ou fissurées d'un élément de fondation en maçonnerie.

NIVEAU DE QUALITÉ

Le seuil d'intervention est basé sur les critères suivants :

A) Joints

- . Déterioration ou perte de mortier dans une quantité appréciable de joints.

B) Pierres

- . Dégradation importante de quelques pierres pouvant engendrer l'instabilité de l'ouvrage ou compromettre la sécurité des usagers.
- . Fissures larges traversant les joints de mortier ou les pierres.

MÉTHODE DE TRAVAIL

Voir activité :

- . 3082 – Réparation de mur de soutènement en maçonnerie.

Note

- . Pour une pile de pont comportant une détérioration de la maçonnerie de son avant-bec due à l'effet des glaces, il peut être approprié de réparer cet élément en installant des plaques d'acier ancrées au matériau existant. Un mortier de remplissage et un mastic d'étanchéité au pourtour peuvent être installés en complément d'intervention dans le but de consolider les pièces d'acier à la pile elle-même.

CHAPITRE 4

RELEVÉS DE DOMMAGES

TABLE DES MATIÈRES

4.1	GÉNÉRALITÉS	4-1
4.2	ORGANISATION DU RELEVÉ DE DOMMAGES	4-4
4.2.1	Ordonnancement du relevé de dommages	4-4
4.2.2	Travail de recherche	4-6
4.2.3	Détermination des besoins en expertises	4-8
4.3	INVESTIGATION DE BASE	4-10
4.3.1	Collecte des informations	4-10
4.3.2	Méthodes d'investigation	4-13
4.3.3	Rapport	4-22
4.4	EXPERTISES	4-31
4.4.1	Béton	4-33
4.4.1	Béton	4-33
4.4.2.	Acier	4-38
4.4.3	Laboratoire mobile	4-39
4.5	EFFICACITÉ DES MÉTHODES D'INVESTIGATION	4-40
4.6	MÉTHODES D'INVESTIGATION DU BÉTON NON UTILISÉES AU MINISTÈRE	4-43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1-1	Caractéristiques de l'inspection générale et du relevé de dommages	4-4
Tableau 4.3-1	Défauts par type de matériaux	4-12

Tableau 4.3-2	Travaux pouvant être déterminés directement sur le site lors du relevé de dommages	4-12
Tableau 4.3-3	Relevé photographique minimal recommandé	4-14
Tableau 4.4-1	Méthodes d'investigation utilisées pour les expertises	4-32
Tableau 4.5-1	Efficacité des méthodes d'investigation pour détecter les détériorations du béton ou en déterminer les caractéristiques	4-41
Tableau 4.5-2	Efficacité des méthodes d'investigation pour détecter les détériorations de l'acier ou en déterminer les caractéristiques	4-42
Tableau 4.5-3	Efficacité des méthodes d'investigation pour détecter les détériorations du bois	4-42

LISTE DES FIGURES

Figure 4.1-1	Cheminement d'un projet de réparation de structure	4-2
Figure 4.2-1	Échéancier des principales phases d'un projet de réparation	4-5
Figure 4.3-1	Emplacement recommandé pour les repères à installer	4-20
Figure 4.3-2	Températures recommandées pour les relevés des ouvertures d'un joint de tablier	4-20
Figure 4.3-3	Différents fonctionnements d'un joint de tablier	4-21
Figure 4.3-4	Calcul du mouvement réel d'un joint de tablier	4-21
Figure 4.3-5 a)	Informations générales (page 1)	4-23
Figure 4.3-5 b)	Informations générales (page 2)	4-24
Figure 4.3-6	Éléments d'unité de fondation	4-25
Figure 4.3-7	Système structural	4-26
Figure 4.3-8	Éléments de tablier	4-27
Figure 4.3-9	Remarques/croquis	4-28
Figure 4.3-10	Photographies	4-29
Figure 4.3-11	Mesure des mouvements d'un joint de tablier	4-30

expertises doivent être déterminés et exprimés assez tôt pour que leurs résultats puissent être transmis à temps. Trois expertises peuvent être nécessaires :

- l'expertise de la dalle;
- l'expertise du tablier;
- l'expertise en vue de reconstruire la structure.

4.2.3.1 Expertise de la dalle

Une demande d'expertise d'une dalle sur poutres ou d'une dalle épaisse doit être formulée pour tout projet où une remise en état de la dalle est prévue à la planification quinquennale, quelle que soit la cote attribuée à la dalle lors de l'inspection générale. Une expertise de la dalle doit également être demandée pour évaluer son état avant de procéder à la réfection des côtés extérieurs du pont, ainsi qu'à l'élargissement ou au renforcement du tablier.

Si la dalle présente certains signes de faiblesse structurale, l'expertise de la dalle peut être suivie d'une analyse structurale.

Une expertise de la dalle n'est pas nécessaire si la dalle s'est détériorée au point de devoir la remplacer à court terme selon les scénarios présentés au tableau 5.2-1. Dans ce cas, il faut néanmoins aviser la Direction des structures du remplacement prévu de la dalle afin qu'une expertise du tablier soit effectuée pour vérifier l'état ou la capacité du système structural.

4.2.3.2 Expertise du tablier

La Direction des structures effectue une expertise du tablier plutôt que d'une dalle sur poutres si le système structural est considéré comme déficient. Ceci a pour but d'éviter de mettre en place une nouvelle dalle sur un système structural faible ou en mauvais état. Une expertise du tablier est réalisée si les deux conditions suivantes sont réunies :

- cote CEM ou cote CEC d'un des éléments principaux de la dalle égale à 1, 2 ou 3;
- système structural potentiellement déficient selon un des critères suivants :
 - cote CEM ou cote CEC d'un de ses éléments principaux égale à 1, 2 ou 3;
 - chargement de conception inférieur à H20-S16 pour un pont non évalué par la Direction des structures;
 - charge affichée inférieure aux besoins du réseau routier;
 - chargement de conception inconnu pour un pont construit avant 1960.

L'expertise comprend une analyse de la capacité structurale du tablier et, au besoin, une analyse économique pour évaluer le coût de remplacement.

4.4 EXPERTISES

Les expertises viennent compléter l'investigation de base. Elles constituent la partie du relevé de dommages généralement effectuée par les services spécialisés.

Pour ce faire, il existe une multitude de méthodes d'investigation plus ou moins complexes; certaines de ces méthodes sont encore en développement ou ne sont utilisées qu'à titre expérimental.

Un relevé effectué auprès d'organismes responsables de l'entretien des structures démontre de grandes variations dans le choix des méthodes d'investigation utilisées. Il est intéressant de noter que malgré le nombre élevé de méthodes disponibles, la plupart des organismes n'en utilisent que quelques-unes, soit :

- l'examen visuel;
- l'examen par percussion;
- la teneur en chlorures;
- la résistance à la compression;
- le réseau d'air;
- le potentiel de corrosion.

Les résultats obtenus par une méthode d'investigation doivent généralement être confirmés par une autre approche d'investigation afin de qualifier de façon plus certaine l'état d'une structure ou d'un de ses éléments.

Le tableau 4.4-1 dresse la liste des méthodes d'investigation qui peuvent être utilisées pour les expertises au MTQ. Les méthodes les plus utilisées jusqu'à maintenant par le Ministère pour réaliser une expertise de dalle sont le relevé de potentiel, le radar ainsi que le carottage.

Certaines de ces méthodes sont couramment utilisées alors que d'autres sont choisies en fonction de l'état des matériaux prévalant sur le site et de certains facteurs tels le débit de circulation, le type de pont ou son importance.

Bien que ces méthodes d'investigation soient réservées à l'équipe technique responsable des expertises, le fait de les connaître permettra de :

- Comprendre les contraintes que ces méthodes imposent (nettoyage préalable du tablier, nécessité de réaliser l'investigation par temps ensoleillé, etc.);
- Connaître les dommages que certaines d'entre elles produisent sur les éléments de la structure (trous dans la dalle dus au carottage, bris de la membrane d'étanchéité après un relevé de potentiel de corrosion, etc.);

- Connaître les impacts sur la circulation des véhicules lorsqu'on réalise des expertises;
- Saisir la portée des résultats des expertises.

Pour bien utiliser une méthode d'investigation, il faut donc en connaître ses limites, savoir ce qui peut être mesuré et avoir une connaissance suffisante de l'interprétation des résultats, surtout pour les méthodes récemment mises au point.

Tableau 4.4-1 Méthodes d'investigation utilisées pour les expertises

BÉTON	
Sur le site	En laboratoire
<u>Usage courant</u> - Carottage - Teneur en chlorures - Pachomètre - Potentiel de corrosion <u>Usage non courant</u> - Radar - Thermographie infrarouge	<u>Usage courant</u> - Résistance à la compression - Réseau d'air - Teneur en chlorures - Absorption <u>Usage non courant</u> - Pétrographie
ACIER	
Sur le site	En laboratoire
<u>Usage courant</u> - Magnétoscopie <u>Usage non courant</u> - Ultrasons - Ressuage	<u>Usage courant</u> - Caractérisation de peinture existante <u>Usage non courant</u> - Radiographie
DIVERS	
Laboratoire mobile	

4.4.1 Béton

La collecte d'informations concernant le béton se fait de deux façons. Sur le site, des renseignements sont obtenus par l'examen de carottes prélevées sur la structure (et des trous de carottage) et par des méthodes comme la mesure de la teneur en chlorures, le pachomètre, la thermographie infrarouge, le radar et le potentiel de corrosion.

En laboratoire, des essais et des analyses sur les carottes de béton permettent de connaître la résistance en compression, le taux d'absorption, le réseau d'air, la pétrographie et la teneur en chlorures du béton.

4.4.1.1 Carottage

Bien que le carottage soit un essai destructif, les avantages retirés sont supérieurs aux inconvénients puisque les trous laissés par le prélèvement des carottes peuvent être généralement facilement réparés. Le carottage doit être cependant limité aux cas où il peut fournir des renseignements utiles pour l'évaluation globale de la structure.

C'est une méthode facile d'application, relativement rapide et économique et qui permet d'évaluer l'état d'une dalle par exemple. Cependant, pour les dalles recouvertes d'enrobé, il peut être difficile avec cette méthode d'évaluer avec précision l'importance des réparations de dalle à inscrire au bordereau.

Un plan de carottage objectif est nécessaire pour que les résultats soient représentatifs du béton en place, qu'il soit sain ou non. À cette fin, les échantillons sont prélevés conformément aux exigences de la norme ASTM C 823 « *Recommended Practice for Examination and Sampling of Hardened Concrete in Constructions* ». Le prélèvement est effectué au hasard sur l'ensemble de l'élément si la qualité du béton semble relativement uniforme ou chaque zone est carottée et analysée séparément si le béton présente des zones de qualité différente.

Bien que le but premier du carottage soit de fournir des échantillons à analyser en laboratoire, l'examen visuel de la carotte et du trou de carottage permet d'obtenir des informations importantes sur l'élément et sur le béton, dont les suivantes :

- l'épaisseur de l'enrobé;
- la qualité de l'adhérence entre l'enrobé et le béton de la dalle;
- la présence d'une membrane d'étanchéité;
- l'épaisseur du recouvrement de béton de ciment au-dessus des aciers d'armature;
- la présence éventuelle de béton désagrégé ou délaminé;
- la corrosion des aciers d'armature et leur gravité;

- la présence éventuelle de réparations antérieures et leur état;
- l'ampleur des fissures;
- l'épaisseur de la dalle.

Essais en laboratoire

Les essais suivants sont réalisés en laboratoire à partir d'échantillons de béton prélevés sur les éléments de la structure.

A) Résistance à la compression

Cet essai, connu depuis très longtemps et largement utilisé, est la seule méthode directe qui permet de déterminer la résistance à la compression, qui est un des indicateurs fondamentaux de la qualité du béton. Un béton dont la résistance à la compression est supérieure à 25 MPa est considéré comme étant de qualité acceptable.

L'essai est réalisé conformément aux exigences de la norme CAN/CSA-A23.2-14C « Prélèvement et détermination de la résistance à la compression de carottes de béton ».

B) Réseau d'air

La mesure du réseau d'air permet de déterminer la durabilité du béton aux cycles de gel et dégel. Le réseau d'air peut être considéré acceptable lorsque :

- la teneur en air est supérieure à 4 %;
- le facteur d'espacement () est inférieur à 300 μm ;
- la surface volumique des vides dépasse 25 mm^2/mm^3 .

L'essai est réalisé conformément aux exigences de la norme ASTM C 457 « Recommended Practice for Microscopical Determination of Air-Void Content and Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete ».

C) Teneur en chlorures

La corrosion des armatures est susceptible de s'amorcer lorsque la teneur en chlorures est supérieure à 0,03 % de la masse volumique du béton aux environs immédiats des armatures (0,012 % dans le cas du béton précontraint).

L'essai est réalisé sur de la poussière de béton provenant d'un forage de faible diamètre effectué directement sur l'élément ou sur une carotte déjà prélevée. Il est

réalisé conformément aux exigences de la norme ASTM C 1152 « *Test Methods for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete* ».

D) Absorption

Le taux d'absorption d'eau représente une façon indirecte d'estimer la probabilité de désagrégation du béton et de corrosion des armatures. Plus le taux d'absorption est bas, plus les probabilités d'anomalies sont faibles. Un béton dont le taux d'absorption est inférieur à 6,5 % est considéré comme étant de qualité acceptable.

L'essai est réalisé conformément aux exigences de la norme ASTM C 642 « *Test Method for Specific Gravity, Absorption, and Voids in Hardened Concrete* ».

E) Pétrographie

L'examen pétrographique est une analyse très détaillée des composants du béton (granulats, pâte, ajouts cimentaires, etc.), de la structure du béton durci (rapport eau/liants, réseau d'air, etc.) et des détériorations du béton au cours des années (réaction ciment-granulats, béton soumis au feu, cycles de gel et dégel, etc.). L'examen pétrographique est surtout utilisé en dernier ressort, car il est très complexe et très coûteux.

L'essai est réalisé conformément aux exigences de la norme ASTM C 856 « *Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete* ».

4.4.1.2 Potentiel de corrosion

Le potentiel de corrosion mesure le potentiel électrique résultant de la réaction électrochimique de corrosion des aciers d'armature et représente un indicateur de l'activité de corrosion de ces derniers.

Cet examen ne sert pas à déceler les défauts réels du béton (par exemple des délaminages), mais bien à établir une probabilité d'activité de corrosion des armatures. Néanmoins, un potentiel de corrosion élevé peut dans certains cas indiquer un défaut réel du béton. Le relevé de potentiel de corrosion doit toujours être accompagné de travaux de carottage. L'emplacement des carottes est déterminé à la suite du relevé, de manière à pouvoir établir une correspondance entre les différents niveaux de potentiel et l'état du béton.

L'essai est réalisé sur des surfaces de béton non endommagées, à partir de quadrillages de 1 à 2 m, conformément aux exigences de la norme ASTM C 876 « *Test Method for Half Cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete* ». Un devis type pour baliser les paramètres d'exécution d'un relevé de potentiel est disponible auprès de la Direction des structures.

Le potentiel de corrosion comporte certaines restrictions dont les plus importantes sont :

- l'armature ne doit pas être recouverte d'époxy ni être galvanisée;
- la température du béton doit être d'au moins 0 °C;
- le béton doit contenir une quantité d'eau minimale sans toutefois être excessive;
- le relevé ne doit pas être réalisé l'automne, après le premier épandage de sels de déglacage; une teneur élevée en chlorures dans le béton peut entraîner un niveau de potentiel très élevé sans qu'il y ait nécessairement corrosion;
- des conduits électriques peuvent fausser les lectures de potentiel.

Le potentiel de corrosion présente quelques désavantages dont les principaux sont :

- le caractère destructif de la méthode pour ce qui est de l'étanchéité du dessus du tablier;
- le temps de réalisation relativement long.

4.4.1.3 Radar

Le radar fait appel à la propagation d'ondes électromagnétiques extrêmement courtes réfléchies aux interfaces de matériaux ayant des propriétés électriques différentes (air, enrobé, béton sain, béton non sain et acier).

Une récente recherche universitaire visant à évaluer l'efficacité réelle du radar à déterminer l'état des dalles et à préciser les conditions d'utilisation de cette technologie pour obtenir des résultats fiables concluait que le radar ne permettait pas de détecter directement le délaminage du fait de la faible ouverture des fissures. Cependant, une procédure de traitement des données nouvellement développée permet, à partir des signaux provenant du béton, d'identifier les zones à forte probabilité de corrosion. Les relevés traités selon cette procédure donnent des résultats équivalant à ceux du potentiel de corrosion et présentent de plus l'avantage d'être rapides, non destructifs, et de pouvoir être réalisés sans réellement perturber la circulation.

En plus de permettre l'auscultation d'une dalle malgré la présence d'enrobé, le radar a le grand avantage d'être insensible aux conditions météorologiques et peut être ainsi réalisé la nuit ou l'hiver.

Le radar comporte néanmoins certaines restrictions dont les plus importantes sont :

- le tablier doit être libre de tout débris;
- l'épaisseur de l'enrobé doit être d'au moins 40-50 mm pour obtenir des résultats optimaux;
- l'épaisseur du recouvrement de béton au-dessus des armatures doit être d'au moins 50 mm pour obtenir des résultats optimaux.

4.4.1.4 Thermographie infrarouge

La thermographie infrarouge fait appel au gradient thermique résultant du réchauffement ou du refroidissement du béton. Le délaminage et autres discontinuités modifient le rythme de transfert de chaleur à l'intérieur du béton, créant une température de surface différente de celle des surfaces de béton sain environnantes.

Cette différence de température est mesurée conformément aux exigences de la norme ASTM D 4788 « *Test Method for Detecting Delaminations in Bridge Decks Using Infrared Thermography* », à l'aide d'équipements perfectionnés sensibles aux infrarouges.

La thermographie permet de détecter le délaminage et la désagrégation du béton des dalles, le décollement de l'enrobé et les zones de béton déjà réparées. Cependant, il est souvent difficile de faire la différence entre le décollement de l'enrobé et le délaminage du béton. Un carottage de corrélation doit être effectué pour établir certains paramètres de la thermographie.

Cet examen n'est pas nécessairement plus précis que le carottage pour déterminer l'ampleur des dommages, mais il est très rapide à réaliser puisque l'auscultation s'effectue sur une voie de circulation complète, à environ 5 km/h. La thermographie combinée au radar permet de maximiser la précision de l'expertise de dalle. Le coût de la thermographie au mètre carré, pour connaître l'état d'une dalle, est sensiblement identique à celui du carottage.

L'avantage de la thermographie, c'est qu'elle permet d'examiner une dalle malgré la présence d'un revêtement en enrobé. Par contre, sa grande sensibilité aux conditions météorologiques peut être un inconvénient important; un ciel ensoleillé sans nuages et une vitesse de vent inférieure à 50 km/h sont des conditions idéales à la collecte d'informations. Bien que les recherches démontrent que la thermographie pourrait se faire la nuit, on effectue normalement les relevés de jour, de préférence au début ou à la fin de l'été, car le gradient thermique maximal donne alors les meilleurs résultats possibles. De plus, la période de 12 h à 14 h est recommandée, car la stabilité thermique facilite le repérage du contour des zones de béton délaminé.

La thermographie infrarouge comporte d'autres restrictions dont les plus importantes sont :

- la température du béton en surface doit être supérieure à 0 °C;
- le tablier doit être libre de tout débris;
- le tablier doit être sec; un délai d'attente de 24 heures doit être prévu après une pluie;
- l'épaisseur de l'enrobé doit être d'au plus 75 mm pour obtenir des résultats optimaux.

L'auscultation par thermographie infrarouge est tributaire des conditions climatiques, de l'état d'humidité de la chaussée et son efficacité est réduite lorsque le recouvrement bitumineux est important. Par ailleurs, l'exploitation des images thermiques pour l'établissement des cartographies de dégradation est un processus assez onéreux et le dimensionnement précis des anomalies thermiques n'est pas aisé. Cet outil ne doit pas être totalement écarté, il peut être utilisé à l'occasion pour apporter un complément aux relevés radars, lorsque les conditions atmosphériques propices sont présentes.

4.4.1.5 Pachomètre

Le pachomètre fonctionne suivant le principe de la perturbation, par les armatures, d'un champ magnétique induit par l'appareil. Cet appareil portable, utilisé pour mesurer l'épaisseur du béton recouvrant les armatures, vérifie si ce recouvrement est d'épaisseur suffisante pour protéger efficacement les armatures contre la pénétration des chlorures. Un élément en béton qui présente de nombreuses taches de rouille, des fissures ou de l'éclatement vis-à-vis des armatures devrait être ausculté au pachomètre pour décider s'il doit être réparé avec ou sans surépaisseur.

L'appareil ne fonctionne pas bien si le béton est fortement armé ou recouvert d'enrobé, s'il se trouve à proximité de fils électriques, ou si le recouvrement de béton au-dessus des armatures a plus de 50 mm d'épaisseur.

4.4.2. Acier

Les trois méthodes généralement utilisées pour détecter des défauts sur les pièces d'acier sont la magnétoscopie, les ultrasons et le ressuage.

S'il existe des doutes sur la composition d'un système de peintures devant être remplacé sur une charpente métallique, une caractérisation permet de déterminer si le recouvrement existant contient des matières dangereuses telles que du plomb ou du chrome. Cette information, directement liée à la nature des résidus de décapage, permet d'établir plus clairement la portée des travaux dans les documents contractuels.

4.4.2.1 Magnétoscopie

L'examen magnétoscopique est utilisé pour détecter la présence de fissures à la surface ou près de la surface des éléments en acier et des cordons de soudure. Cet examen est très sensible et permet la détection des fissures les plus fines. Il exige le nettoyage des surfaces à inspecter et l'enlèvement du revêtement de peinture. L'examen magnétoscopique provoque cependant l'aimantation permanente des surfaces et des défauts de surface au point de contact des électrodes.

L'essai est réalisé conformément aux exigences de la norme ASTM E 709 « *Practice for Magnetic Particle Examination* ».

4.4.2.2 Ultrasons

Les ultrasons servent surtout à mesurer l'épaisseur des pièces métalliques pourvu qu'elles ne soient pas trop endommagées par la rouille ou par des défauts internes.

Les ultrasons permettent également de détecter des défauts de très petites dimensions – vides, délaminages, fissures, inclusions non métalliques, manque de fusion, porosité – situés en profondeur dans l'acier et dans les cordons de soudure.

L'essai réalisé sur les cordons de soudure est fait conformément aux exigences de la norme CSA-W59 « Construction soudée en acier (soudage à l'arc) ».

4.4.2.3 Ressuage

L'examen par ressuage sert à détecter des fissures à la surface d'éléments en acier et sur les cordons de soudure. Cette méthode d'investigation exige un nettoyage impeccable des surfaces à inspecter, y compris l'enlèvement du revêtement de peinture.

L'essai est réalisé conformément aux exigences de la norme ASTM E 165 « *Practice for Liquid Penetrant Inspection Method* ».

4.4.3 Laboratoire mobile

Le ministère des Transports du Québec possède un laboratoire mobile qui permet d'instrumenter les ponts. Cette unité mobile a pour fonction d'acquérir des données lors d'essais de chargement en modes statique et dynamique dans le but d'augmenter la précision des méthodes analytiques d'évaluation de ponts. En effet, ces méthodes ont souvent tendance à surestimer les contraintes parce qu'elles se basent sur des hypothèses simplificatrices souvent trop conservatrices. Par souci de simplification, les méthodes de calcul énoncées dans la norme CAN/CSA-S6 « Code canadien sur le calcul des ponts routiers » négligent certains phénomènes qui influencent de façon importante la capacité de la structure. L'analyse théorique effectuée par la suite à l'aide des données fournies par le Laboratoire mobile a pour but de mieux estimer la capacité réelle du pont, et par conséquent, de réduire, bien souvent de façon importante, les coûts de réparation et de renforcement.

L'instrumentation consiste principalement à installer des jauges extensométriques qui mesurent les déformations ponctuelles de l'élément structural (allongement ou raccourcissement). On en déduit ensuite les efforts réels induits dans l'élément et qui, comparés aux efforts obtenus par des méthodes d'analyse raffinées, permettent d'étalonner le modèle mathématique utilisé et d'obtenir ainsi des efforts estimés plus conformes à la réalité. D'autres types de mesures comme ceux des flèches et des

fréquences de vibration peuvent être enregistrés pour raffiner davantage les résultats.

Il faut souligner que les essais de chargement d'un pont exigent beaucoup de temps sur le site et au bureau pour la collecte et l'analyse des données et sont donc très coûteux. Ainsi, très peu de ponts peuvent être instrumentés sur une base annuelle.

4.5 EFFICACITÉ DES MÉTHODES D'INVESTIGATION

Les différentes méthodes d'investigation mentionnées, soit à l'article « Investigation de base », soit à l'article « Expertises », n'ont pas toutes le même degré de précision pour déceler les défauts ou trouver les caractéristiques du matériau.

Les tableaux 4.5-1, 4.5-2 et 4.5-3 indiquent l'efficacité des méthodes à privilégier en fonction des défauts recherchés. Cependant, ces tableaux ne doivent être considérés qu'à titre indicatif et non comme un guide officiel lorsqu'il s'agit de choisir une méthode d'investigation appropriée. Ce choix doit être fait principalement en fonction de l'état des matériaux à inspecter, du type et de l'envergure de la structure, du défaut recherché, de la précision désirée et des conditions qui prévalent sur le site (emplacement, circulation, conditions climatiques, etc.).

6.4.3.5 Réparation de dalle sur poutres (DBT-105)

Réparation en profondeur

Le concepteur doit finaliser l'élément suivant :

- L'épaisseur de la dalle, en millimètres.

6.4.3.6 Réparation de semelle (DBT-107)

Le concepteur doit finaliser l'élément suivant :

- L'épaisseur de la surépaisseur verticale, en millimètres. Pour une réparation avec du béton de masse volumique normale, une surépaisseur de 200 mm est recommandée. Pour une réparation avec du béton antilessivage, une surépaisseur d'au moins 150 mm est recommandée afin de permettre l'insertion d'une pompe à béton à l'intérieur des coffrages.

6.4.3.7 Remplacement d'un joint de tablier (DE-101 @ DE-106)

Pour un remplacement de joint de tablier conventionnel à une culée ou à une pile (DE-101A @ DE-106A), le concepteur doit finaliser l'élément suivant :

- La hauteur de l'épaulement du joint, en millimètres; cette hauteur doit être :
 - 40 mm minimum, s'il y a enlèvement partiel de l'enrobé sur le pont;
 - 65 mm minimum, s'il y a enlèvement complet de l'enrobé sur le pont.

Pour un remplacement de joint de tablier de type HSS à une culée ou à une pile (DE-101B @ DE-106B), le concepteur doit finaliser l'élément suivant :

- L'épaisseur d'enrobé, en millimètres; cette épaisseur doit être :
 - 40 mm minimum, s'il y a enlèvement partiel de l'enrobé sur le pont;
 - 65 - 75 mm minimum, s'il y a enlèvement complet de l'enrobé sur le pont.
 - Dans le cas où l'épaisseur d'enrobé est supérieure à 75 mm sur le pont, prévoir une note afin de s'assurer que les plaques d'ancrage du joint de tablier sont complètement noyées dans le béton.

Pour un remplacement de joint de tablier à une culée (DE-101 @ DE-104), le concepteur doit finaliser également l'élément suivant :

- L'épaisseur du garde-grève à démolir, en millimètres.

Lorsque l'enrobé est enlevé partiellement de part et d'autre du joint à remplacer, le concepteur doit inclure au dessin type (DE-101 @ DE-106 – A ou B) une longueur

d'intervention sur l'enrobé (3 m minimum par côté).

Pour un remplacement de joint de tablier à une culée avec dalle de transition (DE-102 et DE-104), le remplissage de l'excavation au-dessus de la dalle de transition peut se faire avec un matériau granulaire ou de l'enrobé, selon l'épaisseur à combler près du garde-grève. Se référer au DN 011, chapitre 2 – Tome II des normes du Ministère.

6.4.3.8 Modification des blocs d'assise (DE-109)

Deux options sont offertes au concepteur pour la modification des blocs d'assise :

Bloc d'assise plus haut que l'existant

Pour cette option, le concepteur doit finaliser l'élément suivant :

- La hauteur du nouveau bloc d'assise par rapport à l'assise existante, en millimètres.

Bloc d'assise plus bas que l'existant

Pour cette option, le concepteur doit finaliser les éléments suivants :

- La profondeur de démolition, en millimètres;
- La position du nouveau bloc d'assise par rapport à l'assise existante, en millimètres.

Pour les deux options, le concepteur devrait ajouter les détails relatifs aux barres d'armature (pliage, longueurs).

6.4.3.9 Protection de semelle (DD-101)

Le concepteur doit finaliser l'élément suivant :

- Le calibre des pierres utilisées comme enrochement de protection

Le concepteur devrait spécifier un calibre de revêtement en pierres selon les caractéristiques prévues à l'article 15.15.3 du CCDG. Le choix du calibre des pierres se fait généralement en fonction de la vitesse maximale d'écoulement du cours d'eau. Se référer au *Manuel de conception des ponceaux* ou consulter un ingénieur en hydraulique.

Selon les conditions d'exposition de la semelle et la nature du cours d'eau, il peut être approprié de modifier le dessin type proposé et de prévoir un enrochement jusque sur le dessus de la semelle. Il n'est cependant pas recommandé de mettre de l'enrochement à un niveau supérieur à celui du lit de la rivière, car cela peut créer un obstacle nuisible à un bon écoulement de l'eau.

6.4.3.10 Protection de talus – pont sur rivière (DD-102)

Deux possibilités sont offertes au concepteur : une reconstruction ou une réparation de la protection de talus.

Reconstruction

Le concepteur doit finaliser les éléments suivants :

- La longueur de la partie horizontale supérieure du revêtement, en millimètres;
- L'emplacement de la transition des empièvements par rapport à l'accotement, en millimètres. Le niveau de la transition des empièvements devrait correspondre généralement à celui du niveau des eaux hautes annuelles majoré de 600 mm. Pour des configurations spéciales, de lit ou des écoulements d'eau particuliers, il est recommandé de consulter un ingénieur en hydraulique.

Le concepteur devrait augmenter les dimensions de la base du revêtement (1000 x 1000 mm) si la profondeur d'affouillement prévue est supérieure à 1000 mm. Consulter un ingénieur en hydraulique au besoin.

Réparation

Le concepteur peut adapter le dessin type en fonction de la protection existante (pierres ou pierres cimentées). Indiquer au besoin le type de matériau granulaire et le calibre de pierres envisagés pour le projet.

6.4.3.11 Protection de talus – pont d'étagement (DD-103)

Le concepteur peut adapter le dessin type en fonction de la protection existante (pierres, pierres cimentées, pavés ou béton). Pour un revêtement en pierres, indiquer le calibre de pierres voulu.

6.4.3.12 Réfection des côtés extérieurs (PTICE-101 @ PTICE-106)

Le concepteur doit finaliser les éléments suivants :

- Les dimensions des éléments à démolir (chasse-roue, trottoir...), en millimètres;
- La longueur du nouveau porte-à-faux sous la dalle, en millimètres.

Dans le cas d'une réfection avec trottoir (PTICE-102), le concepteur doit préciser la largeur du nouveau trottoir, avec la longueur d'armature correspondante, en millimètres.

Dans les cas d'une réfection avec glissière en béton (PTICE-103 @ PTICE-106), le concepteur doit préciser l'épaisseur de la dalle à reconstruire, en millimètres. Pour un grand porte-à-faux, un calcul structural est recommandé et une épaisseur plus grande

que la normale (200 mm) peut être nécessaire.

Pour la réfection avec une glissière 311B (PTICE-106), le concepteur doit ajouter le plan type de conception PTIDR-14 pour la partie métallique de la glissière (311A).

6.4.3.13 Joint dalle sur culée (PTIJT-103 & 104)

- Sans dalle de transition (PTIJT-103)
- Avec dalle de transition (PTIJT-104)

Le concepteur peut choisir en option :

- Un tablier avec poutres en béton ou avec poutres en acier.

Le concepteur doit finaliser l'élément suivant :

- L'épaisseur du garde-grève à démolir, en millimètres.

En présence d'une dalle de transition, le remplissage de l'excavation au-dessus de cette dernière peut se faire avec un matériau granulaire ou de l'enrobé, selon l'épaisseur à combler près du garde-grève. Se référer au DN 011, chapitre 2 – Tome II des normes du Ministère.

6.5 LISTE DES PRIX

La liste des prix constitue une énumération de tous les ouvrages ou parties d'ouvrage inclus dans les articles du devis spécial type d'entretien. Le prix unitaire d'une partie d'ouvrage ou d'un matériau (ex. : béton) peut varier selon le type de travail à effectuer.

Toute partie d'ouvrage, désignée par un code d'ouvrage, une unité de mesure et une description de l'ouvrage, peut être utilisée pour élaborer le « Bordereau des quantités et des prix » qui accompagne le devis spécial dans les documents de soumission. Une version interne de ce bordereau est habituellement préparée par le concepteur sous forme de bordereau d'estimation.

La liste des prix peut être obtenue sur fichier électronique auprès de la Direction des structures.