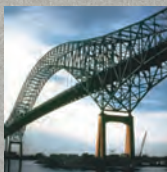


Manuel d'inspection des structures



Transports,
Mobilité durable
et Électrification
des transports

Québec 

Manuel d'inspection des structures

MANUEL D'INSPECTION DES STRUCTURES

Janvier 2017

Québec 

Le contenu de cette publication a été préparé par le ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports.

Cette publication a été réalisée par la :

Direction des structures
Ministère des Transports, de la Mobilité durable
et de l'Électrification des transports
930, chemin Ste-Foy, 7^e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

Cette publication est disponible en version électronique à l'adresse suivante :

http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits/ouvrage_routier.fr.html

© Gouvernement du Québec, janvier 2017

ISBN : 978-2-551-25998-4 (PDF)

Dépôt légal – 2017

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Tous droits réservés. Reproduction à des fins commerciales par quelque procédé que ce soit et traduction, même partielles, interdites sans l'autorisation écrite des Publications du Québec.

REMERCIEMENTS

Cet ouvrage a été, depuis sa première parution jusqu'à maintenant, une mise en commun de connaissances et d'expériences de nombreuses personnes travaillant ou ayant travaillé tant à la Direction des structures qu'à l'extérieur du Ministère. Nous tenons à souligner leur contribution.

À moins d'une autorisation écrite par la Direction des structures, du ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports, l'utilisation de ce document à des fins d'enseignement est interdite. Par ailleurs, il est possible qu'un Info-structures de la Direction des structures soit diffusé pour apporter des modifications ou des précisions au contenu avant une mise à jour ou une nouvelle édition.

INSTRUCTIONS DE MISE À JOUR

DOCUMENT MODIFIÉ
Manuel d'inspection des structures

Date :	Janvier 2017
--------	--------------

Version :	Nouvelle édition
-----------	------------------

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
Manuel dans son ensemble	Toutes les pages existantes	L'ensemble des nouvelles pages	
Chapitre 1 Le système d'inspection			
Figure 1.1-1			Ajout d'un lien direct entre les inspections générales et les interventions et d'un lien entre les inspections particulières et les inspections courantes.
1.1.3.3			Au niveau des responsabilités, le texte a été modifié pour préciser que les activités doivent être réalisées sous la supervision immédiate de l'ingénieur.
1.2.1			Retrait d'une partie du texte traitant des grillages de protection.
1.2.2			Modification concernant la signature de la fiche d'inspection annuelle.
1.2.7			Ajout du <i>Manuel d'évaluation de la capacité portante des ponts acier-bois</i> .
Tableau 1.4-1			Ajout des tunnels.
1.5.1.1			Retrait du texte concernant les ingénieurs de la Direction des structures.
Tableau 1.5-3			Retrait de deux formations.
Tableau 1.5-10			Modifications aux exigences minimales pour les essais non destructifs, l'évaluation de ponts et l'évaluation de ponts acier-bois.
Tableau 1.5-11			Modifications aux exigences concernant l'expérience pour le chargé de projet et l'ingénieur inspecteur.
Tableau 1.5-13			Modifications aux exigences concernant l'expérience pour le chargé de projet.

SECTION	RETIRER Page	AJOUTER Page	REMARQUES
Tableau 1.5-14			Modifications aux exigences pour certaines inspections spéciales.
1.6.1			Retrait du texte concernant la mallette de l'inspecteur.
1.7.1			Précision concernant la signature des rapports d'inspection et de la fiche d'inspection.
Chapitre 2 Analyse des structures			
L'ensemble du chapitre			Remplacement des figures.
Chapitre 3 Évaluation de l'état des éléments			
Tableau 3.2-1			Ajout des systèmes d'accès au chapitre 7.
3.4			Ajout d'un texte concernant le relèvement d'une cote de comportement.
Tableau 3.7-1			Ajout du groupe « Système d'accès ».
3.7.6			Nouvelle section concernant les éléments partiellement inaccessibles.
3.8.4			Nouvelle section concernant les dalles épaisses en béton armé ou en béton précontraint sans armature de cisaillement.
Figure 3.3.5			Remplacement de la figure et ajout du processus pour les dalles épaisses sans armature de cisaillement.
3.9			Modification du texte concernant les opérations de sécurisation.
3.10			Nouvelle section concernant les risques de chute de strates de rouille d'acier.
Chapitre 4 Défauts de matériaux			
L'ensemble du chapitre			Modification de la présentation des degrés de sévérité pour les matériaux. Les états de matériaux A, B, C et D sont maintenant présentés dans le chapitre.
4.4.1			Correction des degrés de sévérité concernant la corrosion de l'acier. Ajout d'un texte concernant la corrosion de l'acier et de la figure 4.4-1.

SECTION	RETIRER Page	AJOUTER Page	REMARQUES
4.5.1			Correction des degrés de sévérité concernant la corrosion de l'aluminium. Ajout d'un texte concernant la corrosion de l'aluminium.
Tableaux 4.8-1 à 4.8-6			Intégration des états du matériau dans les tableaux.
4.9			Nouvelle section comportant des exemples autrefois inclus au chapitre 3.
Chapitre 5 Cours d'éeau et remblai			
L'ensemble du chapitre			Remplacement de l'ensemble des figures.
Chapitre 6 Unités de fondation			
L'ensemble du chapitre			Remplacement de l'ensemble des figures.
Tableau 6.8-1			Retrait des critères concernant les matériaux courants.
Tableau 6.8-2			Retrait des critères concernant les matériaux courants.
Chapitre 7 Systèmes structuraux			
L'ensemble du chapitre			Remplacement de l'ensemble des figures. Retrait du tableau des critères pour les matériaux au profit de ceux du chapitre 4.
Tableau 7.1-1			Ajout des systèmes d'accès.
Tableau 7.12-1			Au critère 15, ajout d'un texte concernant les fissures le long des câbles de précontrainte insérés dans des gaines remontant dans l'âme d'une poutre en béton précontraint par postension.
Chapitre 8 Platelage			
L'ensemble du chapitre			Remplacement de l'ensemble des figures. Retrait du tableau des critères pour les matériaux de la surface de roulement au profit de ceux du chapitre 4.
8.2.9			Ajout d'une section sur le platelage pour les passages anti-cervidés.
8.2.10			Ajout d'une section sur le platelage en aluminium.

SECTION	RETIRER Page	AJOUTER Page	REMARQUES
Tableau 8.6-1			Retrait des critères concernant les matériaux courants.
Tableaux 8.7-1 et 8.7-2			Modifications de la description de certains critères.
Chapitre 9 Autres éléments de tablier			
L'ensemble du chapitre			Retrait du tableau des critères pour les matériaux courant au profit de ceux du chapitre 4.
Tableau 9.3-1			Nouveau tableau concernant la capacité en traction des ancrages de glissière.
Tableau 9.5-1			Retrait des critères concernant les matériaux courants.
Tableaux 9.6-1, 9.6-2 et 9.6-3			Modifications de la description de certains critères.
Chapitre 10 Protection contre la corrosion			
Tableau 10.4-1			Visuels des critères 4 et 5 améliorés.
Chapitre 11 Approches			
L'ensemble du chapitre			Remplacement de l'ensemble des figures. Retrait du tableau des critères pour les matériaux courants au profit de ceux du chapitre 4. Retrait de la passerelle d'inspection.
Tableaux 11.7-1 et 11.7-3			Modifications de la description de certains critères.
Chapitre 12 Ponceaux			
L'ensemble du chapitre			Remplacement de l'ensemble des figures. Retrait du tableau des critères pour les matériaux courants au profit de ceux du chapitre 4.
Tableau 12.1-1			Les caractéristiques dimensionnelles pour le dessous de dalle/voûte et le murs/naissance voûte/coins inférieurs sont désormais en mètre carré et non en unité de longueur.
Tableau 12.5-1			Retrait des critères concernant les matériaux courants.

SECTION	RETIRER Page	AJOUTER Page	REMARQUES
Chapitre 13 Murs			
L'ensemble du chapitre			Remplacement de l'ensemble des figures.
Tableau 13.4-1			Retrait des critères concernant les matériaux courants.
Chapitre 14 Sécurité lors des inspections			
L'ensemble du chapitre			Mise à jour de la plupart des articles.
Chapitre 15 Fiches et rapports d'inspection			
L'ensemble du chapitre			Mise à jour de la plupart des articles et des exemples de fiches.
Tableau 15.8			Au groupe « Platelage », élément « surface de roulement », remplacement de l'activité 2333 par la 2011. Au groupe « Poutre à âme pleine/poutre-caisson », élément « Poutre », ajout de l'activité 1083. Au groupe « contreventements », élément « Diaphragmes », ajout des activités 1083 et 3124. Au groupe « Dispositif de retenue », élément « Glissière », ajout de l'activité 1081. Au groupe « Ponceaux », élément « murs/naissance voûte/coins inférieurs », ajout de l'activité 3115. Ajout du groupe « Système d'accès » avec les éléments et leurs activités respectives.

Responsable du document : Alain Brassard, ing.

MANUEL D'INSPECTION DES STRUCTURES

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre 1	Le système d'inspection
Chapitre 2	Analyse des structures
Chapitre 3	Évaluation de l'état des éléments d'une structure
Chapitre 4	Défauts des matériaux
Chapitre 5	Cours d'eau et remblai
Chapitre 6	Unités de fondation
Chapitre 7	Systèmes structuraux
Chapitre 8	Platelage
Chapitre 9	Autres éléments du tablier
Chapitre 10	Protection contre la corrosion
Chapitre 11	Approches

Chapitre 12	Ponceaux
Chapitre 13	Murs
Chapitre 14	Sécurité lors des inspections
Chapitre 15	Fiches et rapports d'inspection

CHAPITRE 1

LE SYSTÈME D'INSPECTION

TABLE DES MATIÈRES

1.1	LE PROGRAMME D'INSPECTION	1-1
1.1.1	Les objectifs	1-1
1.1.2	Le programme	1-1
1.1.3	Le mandat des intervenants	1-4
1.1.4	Les structures concernées	1-7
1.2	LES TYPES D'INSPECTION	1-7
1.2.1	L'inspection générale	1-7
1.2.2	L'inspection annuelle	1-8
1.2.3	L'inspection sous-marine	1-11
1.2.4	L'inspection spéciale	1-12
1.2.5	L'inspection d'affouillement	1-13
1.2.6	L'inspection d'observation	1-14
1.2.7	L'inspection d'évaluation	1-15
1.2.8	L'inspection par essai non destructif sur l'acier	1-15
1.3	LA FRÉQUENCE DES INSPECTIONS	1-16
1.3.1	L'inspection générale	1-16
1.3.2	L'inspection annuelle	1-21
1.3.3	L'inspection sous-marine	1-21
1.3.4	Les inspections spéciales, d'évaluation et par essai non destructif sur l'acier	1-21
1.3.5	L'inspection d'affouillement	1-21
1.3.6	L'inspection d'observation	1-21
1.4	LES NIVEAUX DE STRUCTURE	1-21
1.4.1	Le niveau 1	1-22
1.4.2	Le niveau 2	1-23
1.4.3	Le niveau 3	1-23

1.5	LES FORMATIONS ET L'EXPÉRIENCE REQUISES POUR RÉALISER LES INSPECTIONS	1-24
1.5.1	Les inspections réalisées par le personnel du Ministère	1-24
1.5.2	Les inspections confiées à des firmes privées	1-34
1.5.3	Les superficies cumulées par inspecteur	1-40
1.5.4	Le maintien de la classification d'inspecteur	1-41
1.6	LE DÉROULEMENT DE L'INSPECTION	1-43
1.6.1	La préparation de l'inspection	1-43
1.6.2	La validation des données d'inventaire	1-45
1.6.3	Le déroulement de l'inspection	1-46
1.7	LA FINALISATION DE L'INSPECTION	1-47
1.7.1	Les rapports d'inspection	1-47
1.7.2	La fermeture d'une inspection	1-48
1.7.3	La mise à jour des données	1-50

FIGURES

Figure 1.1-1	Programme d'inspection des structures	1-3
Figure 1.2-1	Circulation de l'inspecteur lors de l'inspection annuelle	1-9

TABLEAUX

Tableau 1.2-1	Défauts décelables lors de l'inspection annuelle d'un pont	1-10
Tableau 1.2-2	Défauts décelables lors de l'inspection annuelle d'un ponceau	1-11
Tableau 1.2-3	Défauts décelables lors de l'inspection annuelle d'un mur	1-11
Tableau 1.3-1	Fréquences d'inspections générales (années)	1-17
Tableau 1.4-1	Les structures de niveau 1	1-22
Tableau 1.4-2	Les structures de niveau 2	1-23
Tableau 1.4-3	Les structures de niveau 3	1-23
Tableau 1.5-1	Formations théoriques requises pour les inspecteurs de classes A1 et A2	1-25
Tableau 1.5-2	Formation pratique requise pour les inspecteurs de classe A2	1-26
Tableau 1.5-3	Formations théoriques requises pour les inspecteurs de classes B1 et B2	1-27
Tableau 1.5-4	Formation pratique requise pour les inspecteurs de classe B2	1-28
Tableau 1.5-5	Exigences minimales des classes d'inspecteur pour l'inspection générale et l'inspection annuelle	1-29
Tableau 1.5-6	Classes alternatives d'inspecteur	1-29
Tableau 1.5-7	Tâches et responsabilités – Structures de niveau 1	1-31

Tableau 1.5-8	Tâches et responsabilités – Structures de niveau 2	1-32
Tableau 1.5-9	Tâches et responsabilités – Structures de niveau 3	1-33
Tableau 1.5-10	Exigences minimales des classes d'inspecteur pour les autres types d'inspections	1-34
Tableau 1.5-11	Formations théoriques et expérience requises pour le personnel des firmes privées qui réalisent des inspections générales	1-36
Tableau 1.5-12	Tâches et responsabilités – Inspection générale confiée à une firme privée	1-37
Tableau 1.5-13	Formations théoriques et expérience requises pour le personnel des firmes privées qui réalisent des inspections annuelles	1-39
Tableau 1.5-14	Formations et expérience requises pour le personnel des firmes privées qui réalisent d'autres types d'inspection	1-39
Tableau 1.5-15	Pourcentage de la surface accumulée	1-41
Tableau 1.5-16	Maintien de la classification – Première vérification	1-43
Tableau 1.5-17	Maintien de la classification – Deuxième vérification et les suivantes	1-43

1.1 LE PROGRAMME D'INSPECTION

1.1.1 Les objectifs

Les ponts sont des points stratégiques du réseau routier en raison des conséquences graves que provoque leur défaillance ou leur fermeture à la circulation. Des mesures doivent donc être prises pour éviter que ces structures ne se détériorent au point de compromettre la sécurité des usagers ou de nécessiter un détournement de la circulation.

Le but principal du programme d'inspection consiste à détecter au plus tôt les défauts qui affectent les éléments des structures de manière à pouvoir prendre les mesures nécessaires afin d'assurer la pérennité des structures, ainsi que la sécurité et le confort des usagers. Le programme sert également à recueillir toutes les données nécessaires à la planification d'interventions préventives et correctives.

La sécurité d'un ensemble de structures et la protection du capital investi nécessitent la réalisation de plusieurs types d'inspections effectuées à intervalles réguliers ou, au besoin selon le problème identifié, lesquelles sont systématisées dans le programme d'inspection des structures.

1.1.2 Le programme

Le programme d'inspection, montré à la figure 1.1-1, est constitué d'inspections courantes et d'inspections particulières.

Les inspections courantes sont :

- l'inspection générale;
- l'inspection annuelle.

Les inspections particulières sont :

- l'inspection sous-marine;
- l'inspection spéciale;
- l'inspection d'évaluation;
- l'inspection d'affouillement;
- l'inspection d'observation;
- l'inspection par essai non destructif sur l'acier.

Les structures commencent à se détériorer dès leur mise en service. En effet, l'intensité des charges sollicitant les structures, les collisions de véhicules, les effets de la glace et l'utilisation de sels de déglacage en raison des rigueurs de l'hiver sont des facteurs qui contribuent avec le temps à la dégradation des ouvrages. L'endommagement peut affecter divers éléments d'une structure et l'évolution des défauts peut varier dans le temps. Par exemple, les eaux de drainage contenant des sels de déglacage qui s'infiltrent par un joint de tablier peuvent, à long terme, endommager le béton d'une assise ou d'un chevêtre au point d'exiger la réparation de ces éléments.

D'autres défauts, comme la corrosion de l'acier, progressent lentement au départ et plus rapidement par la suite à partir d'un certain stade de gravité et, en quelques années, la capacité d'un élément peut se voir considérablement compromise.

C'est pourquoi l'inspection détaillée de toutes les structures, appelée « inspection générale », doit être effectuée à intervalles réguliers. Ces intervalles doivent être suffisamment rapprochés afin de détecter au plus tôt les défauts et être en mesure, par la suite, d'effectuer les travaux de réparation qui s'imposent avant qu'ils ne deviennent plus importants ou qu'ils ne progressent au point d'entraîner une réduction de la capacité de la structure.

Il serait par ailleurs inapproprié d'effectuer une inspection générale des structures tous les ans, car cet intervalle est généralement insuffisant pour permettre aux défauts d'apparaître et de suffisamment se développer. Un intervalle d'environ deux à quatre ans entre les inspections générales apparaît comme un compromis raisonnable, puisque, tout en étant suffisamment long pour permettre aux défauts de se développer, il est généralement insuffisant pour qu'ils se propagent au point de compromettre le rôle d'un élément.

La sécurité des usagers peut également être compromise en raison de défauts comme le soulèvement des plaques d'un joint de tablier à la suite des opérations de déneigement, l'endommagement d'un dispositif de retenue à la suite d'un accident ou l'érosion des remblais d'approche. Ces défauts surviennent souvent de manière soudaine et ils peuvent être généralement détectés lors d'une inspection annuelle. Cette inspection consiste à vérifier sommairement le dessus et le dessous de la structure. Elle nécessite peu de temps et elle peut être effectuée plus souvent, permettant ainsi d'exercer, entre les inspections générales minutieuses, un suivi visant la sécurité des structures et des usagers.

Des inspections particulières complètent le programme d'inspection. Elles permettent de vérifier s'il y a évolution des défauts déjà détectés lors d'une inspection courante ou de préciser si les dommages peuvent nuire à la capacité portante ou à la sécurité de certaines structures.

Les inspections sous-marines, spéciales et d'évaluation ainsi que celle par essai non destructif sur l'acier sont généralement effectuées pour compléter ou pour préciser les données recueillies lors de l'inspection générale.

Quant aux inspections d'affouillement et d'observation, elles ont pour objectif d'exercer une surveillance plus fréquente et plus rigoureuse de certains éléments considérés comme plus faibles ou susceptibles d'être endommagés.

Les inspections courantes sont réalisées à une fréquence préétablie tandis que les inspections particulières le sont lorsque le besoin se présente.

Le programme d'inspection est supporté par un système d'évaluation de l'état. Ce système, décrit au chapitre 3 du présent manuel, permet de classifier les défauts de matériaux selon des degrés de sévérité et d'évaluer le comportement des différents éléments constituant une structure.

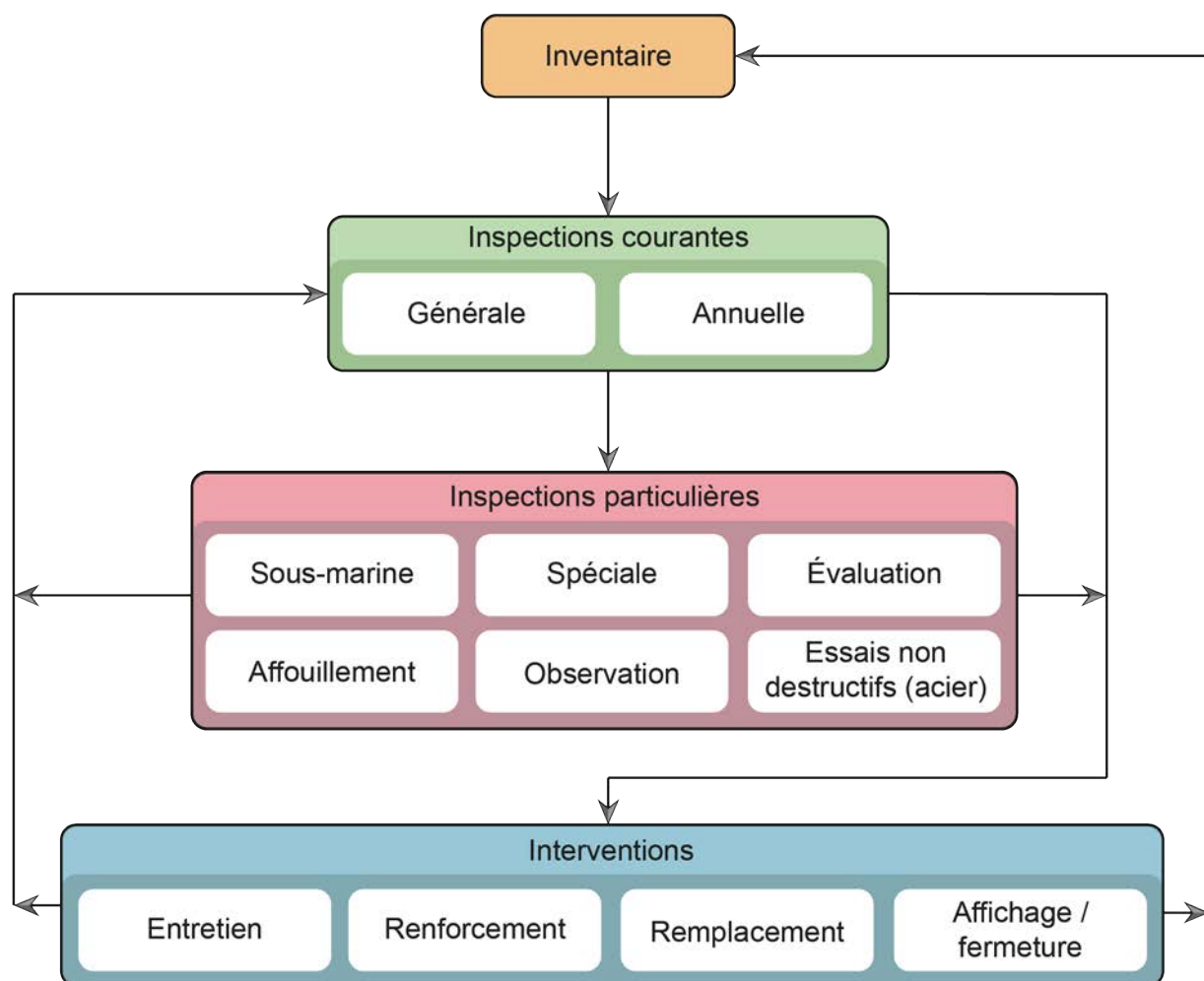


Figure 1.1-1 Programme d'inspection des structures

1.1.3 Le mandat des intervenants

La réalisation du programme d'inspection des structures relève des directions territoriales et de la Direction des structures.

Le mandat confié à chacun des intervenants du programme est décrit ci-dessous.

1.1.3.1 La direction territoriale

Le mandat de la direction territoriale est :

- de planifier et réaliser les inspections prescrites par le programme d'inspection, selon les exigences et les intervalles préétablis, et conformément aux règles de sécurité;
- d'intégrer les données de l'inventaire et de l'inspection générale au système de gestion des structures (GSQ), dans les délais requis, afin qu'elles puissent être utilisées pour la détermination des interventions et la programmation des travaux;
- de tenir à jour les données de l'inventaire et de l'inspection générale à la suite d'une intervention ou d'un désordre relevé sur la structure.

Pour remplir ce mandat, la direction territoriale doit :

- nommer un ingénieur responsable de l'inspection;
- être certifiée selon la norme ISO 9001 et maintenir cette certification;
- prendre les mesures nécessaires afin de disposer d'un nombre suffisant d'inspecteurs compétents pour effectuer toutes les inspections;
- mettre à la disposition des inspecteurs l'équipement de protection individuelle requis, l'équipement courant d'inspection ainsi que les équipements spéciaux pour effectuer l'inspection des structures difficiles d'accès;
- prendre les dispositions nécessaires pour que les inspections soient exécutées selon les règles de sécurité établies sur des structures préalablement nettoyées;
- identifier les structures dont le comportement d'éléments présente des risques pour la sécurité des usagers et prendre les mesures qui s'imposent;
- demander l'assistance de la Direction des structures pour une inspection spéciale lorsque l'ampleur des défauts constatés nécessite une analyse par des experts;
- assurer le suivi des recommandations de la Direction des structures relativement à la sécurité d'une structure;
- prendre les dispositions nécessaires afin que la mise à jour de l'inventaire et de l'inspection générale soit réalisée le plus rapidement possible à la suite de travaux, d'un accident ou de désordres relevés lors d'une inspection.

1.1.3.2 La Direction des structures

Le mandat de la Direction des structures est :

- de qualifier les inspecteurs afin qu'ils puissent assumer les responsabilités qui leur sont confiées;
- de fournir le soutien technique aux inspecteurs des directions territoriales de manière qu'ils puissent être en mesure de réaliser le mandat qui leur est confié;
- de fournir aux inspecteurs des directions territoriales le soutien informatique nécessaire à l'intégration et à la gestion des données;
- de réaliser des inspections spéciales en collaboration avec les directions territoriales;
- d'effectuer un audit technique des inspections réalisées par les directions territoriales et une validation annuelle des données saisies dans le système de gestion des structures.

Pour remplir ce mandat, la Direction des structures doit :

- organiser des séances de formation pour les inspecteurs et vérifier l'apprentissage de chacun;
- fournir les manuels de référence nécessaires à la formation des inspecteurs et à l'exercice de leur fonction;
- maintenir à jour, dans le système GSQ, le nom des inspecteurs qualifiés;
- s'assurer d'avoir à sa disposition des inspecteurs ayant les compétences nécessaires pour exécuter tous les types d'inspections et parfaire la formation des inspecteurs des directions territoriales;
- mettre à la disposition de ses inspecteurs l'équipement courant et l'équipement de protection individuelle requis pour réaliser l'inspection;
- répondre aux demandes d'assistance des directions territoriales;
- planifier et réaliser, en collaboration avec les directions territoriales concernées, des inspections générales, spéciales, d'observation ou d'évaluation de structures;
- confier aux directions territoriales des inspections d'observation des structures;
- recommander aux directions territoriales les actions requises pour assurer la sécurité des structures dans le cas de correction de défauts majeurs détectés sur les éléments principaux;
- vérifier que toutes les inspections exécutées par les directions territoriales ont été réalisées par des inspecteurs qualifiés, dans les délais prescrits et selon les exigences établies pour chaque type d'inspection.

1.1.3.3 L'inspecteur

La formation

La formation de base des inspecteurs en structures relève de la Direction des structures ou d'un organisme reconnu par celle-ci. Cette formation porte principalement sur :

- les modalités du programme d'inspection des structures;
- le système d'évaluation de l'état;
- les défauts qui affectent les matériaux constituant les différents éléments;
- l'effet des défauts sur la stabilité et la capacité de la structure ainsi que sur le confort et la sécurité des usagers.

Le présent manuel est remis aux futurs inspecteurs lors de la formation. En plus de servir de soutien à l'enseignement et à l'apprentissage, c'est aussi un manuel de référence. Il est de première utilité, puisqu'il énonce les modalités du programme d'inspection ainsi que tous les critères généraux et spécifiques auxquels doit se référer l'inspecteur afin d'évaluer les défauts.

Les responsabilités

L'inspection est une opération qui consiste essentiellement à faire un examen visuel permettant de constater le bon état ou le degré de détérioration d'une structure, et de déterminer les actions à prendre afin d'assurer sa stabilité et de prolonger sa vie utile. L'inspection est une activité qui vise à garantir la sécurité des usagers et, par conséquent, doit être réalisée sous la supervision d'un ingénieur.

La tâche qui consiste à détecter les défauts et à évaluer l'état des matériaux et le comportement des éléments selon les critères établis par le système d'évaluation de l'état peut, dans certains cas, être confiée à un technicien placé sous la supervision immédiate de l'ingénieur.

La tâche de l'inspecteur

La tâche de l'inspecteur consiste à :

- inspecter systématiquement chacun des éléments visés par le type d'inspection à accomplir;
- détecter les défauts qui touchent ces éléments et d'en évaluer la gravité;
- aviser immédiatement la direction territoriale lorsque des défauts urgents pouvant compromettre la sécurité des usagers ou la stabilité d'une structure sont observés;
- produire un rapport selon les prescriptions établies par le programme, pour chaque type d'inspection;

- proposer des recommandations relativement aux besoins d'une inspection particulière, d'une expertise ou à des travaux d'entretien ou de réparation.

L'inspecteur doit avoir le sens de l'investigation. Il doit rechercher les défauts et savoir où concentrer ses recherches.

1.1.4 Les structures concernées

Le programme d'inspection concerne les structures qui font partie de l'inventaire tenu à jour par le Ministère, définies au chapitre 1 « Classification des ouvrages d'art » du *Tome III – Ouvrages d'art* de la collection Normes – Ouvrages routiers et dont la responsabilité de l'inspection relève de ce dernier.

Les structures de signalisation, d'éclairage et de signaux lumineux ainsi que les quais ne sont pas intégrés au système de gestion des structures. Pour ce qui est des stations de pompage, celles-ci figurent à l'inventaire du GSQ, mais le détail des données d'inspection n'y est pas intégré. Cependant, l'intervalle de l'inspection générale est indiqué dans le module d'inspection et la planification d'intervention y est également permise.

1.2 LES TYPES D'INSPECTION

1.2.1 L'inspection générale

L'inspection générale représente le fondement du programme d'inspection, puisqu'elle permet de détecter les défauts qui affectent les éléments, d'en déterminer l'importance et d'évaluer leur incidence sur le confort et la sécurité des usagers, ainsi que sur la pérennité de la structure. Elle permet aussi de déterminer les travaux à exécuter pour remettre les éléments en bon état. L'inspection générale s'applique à toutes les structures concernées par le programme d'inspection.

Elle consiste à examiner systématiquement « doigt sur la pièce » tous les éléments d'une structure dans le but de détecter les défauts, d'en déterminer l'importance et d'évaluer leur incidence sur la capacité, la stabilité et la vie utile de la structure ainsi que sur le confort et la sécurité des usagers.

Lorsqu'un objet constitue une entrave à l'examen minutieux d'un élément, comme un panneau de polymère ou un grillage à maillage serré utilisé pour la retenue de fragments de béton, celui-ci doit être retiré avant d'effectuer l'inspection générale.

L'importance des défauts qui affectent les éléments d'une structure doit être évaluée selon les critères établis par le système d'évaluation de l'état qui est décrit au chapitre 3.

L'inspection générale est réalisée à partir des fiches d'inspection prévues à cet effet. En plus de l'évaluation de l'état des matériaux et du comportement de chacun des éléments de la structure, l'inspection doit fournir l'information suivante :

- des remarques sur l'état des matériaux et sur le comportement de certains éléments endommagés;
- des recommandations relatives aux travaux à exécuter pour conserver ou remettre les éléments de la structure en bon état;
- une évaluation des coûts liés aux travaux de réparation ou de remplacement d'éléments;
- des photographies montrant les éléments endommagés et l'ampleur des défauts observés sur chacun d'eux, ainsi que des croquis, s'il y a lieu;
- une demande pour une inspection particulière ou un suivi, lorsque jugée nécessaire, relative à :
 - une inspection spéciale,
 - une inspection sous-marine,
 - une inspection d'observation,
 - un essai non destructif sur un élément en acier,
 - un avis technique sur la fissuration du béton,
 - un suivi des risques de chute de fragments de béton compromettant la sécurité des usagers;
- une liste de défauts particuliers à vérifier lors de l'inspection annuelle, s'il y a lieu. Afin de guider l'ingénieur dans sa recommandation, les tableaux 1.2-1 à 1.2-3, qui énumèrent les principaux défauts décelables lors d'une inspection annuelle, peuvent être consultés. De plus, de façon à faciliter le travail de l'inspecteur lors de l'inspection annuelle, les défauts à observer doivent être clairement décrits et localisés.

Les différents types d'inspection énumérés ci-dessus sont décrits dans la présente section et les informations concernant l'avis technique de fissuration du béton et le suivi des risques de chute de fragments de béton se trouvent aux sections 3.8 et 3.9.

1.2.2 L'inspection annuelle

L'inspection annuelle est réalisée de façon systématique entre chaque inspection générale. Elle consiste à examiner visuellement les éléments d'une structure dans le but de découvrir au plus tôt les anomalies et les défauts évidents qui peuvent causer des accidents de la circulation ou affecter la capacité ou la stabilité de la structure.

L'inspection annuelle se déroule à pied, sans équipement d'accès spécial. De façon à optimiser ses déplacements et à assurer sa sécurité, l'inspecteur est invité à se déplacer dans le sens contraire de la circulation des véhicules tel qu'illustré à la figure 1.2-1.

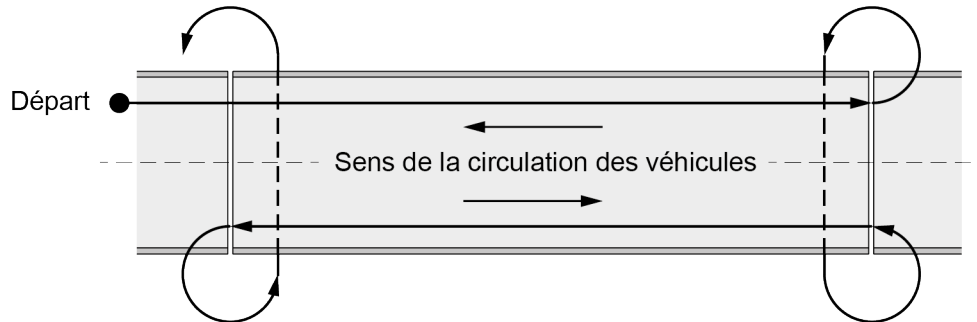


Figure 1.2-1 Circulation de l'inspecteur lors de l'inspection annuelle

Les principaux défauts qui peuvent être observés sur un pont, un ponceau ou un mur lors de l'inspection annuelle sont énumérés respectivement dans les tableaux 1.2-1, 1.2-2 et 1.2-3. La liste de ces défauts est imprimée en même temps que la fiche d'inspection annuelle et comporte des cases à cocher. Cette liste, quoiqu'utile aux inspecteurs, demeure un aide-mémoire qu'il n'est pas obligatoire de compléter.

La fiche d'inspection annuelle doit être imprimée à partir du GSQ et les renseignements ci-dessous doivent être inscrits, au besoin, par l'inspecteur :

- la présence des panneaux d'affichage et la conformité des valeurs affichées pour les ponts faisant l'objet de limitation de charges;
- l'évolution de défauts déjà détectés sur des éléments particuliers;
- les défauts pouvant compromettre la sécurité et le confort des usagers.

De plus, les photos montrant les défauts observés doivent être jointes à la fiche.

La fiche d'inspection doit être signée par l'ingénieur responsable de l'inspection. La fiche est ensuite remise à l'ingénieur responsable des structures qui doit prendre au plus tôt les dispositions qui s'imposent afin d'assurer la sécurité des usagers lorsque cela est nécessaire.

Tableau 1.2-1 Défauts décelables lors de l'inspection annuelle d'un pont

1.	Accumulation de débris dans le cours d'eau ou sur l'avant-bec des piles.
2.	Accumulation de glaces immédiatement en amont de la structure.
3.	Affouillement sous les unités de fondation ou érosion des remblais d'approche.
4.	Rupture d'un élément d'un tablier en bois.
5.	Déformation d'une membrure d'un banc ou d'une poutre triangulée en acier.
6.	Élément de tablier endommagé par les glaces ou par un véhicule trop haut.
7.	Déviations dans l'alignement ou dépression dans le profil du dispositif de retenue ou des éléments du tablier au-dessus d'une pile ou d'une culée.
8.	Portique ou contreventement transversal d'un pont à poutres triangulées endommagé par un véhicule trop haut.
9.	Platelage défoncé.
10.	Élément en acier d'un joint de tablier mal fixé ou qui se soulève lors du passage des véhicules.
11.	Garniture en élastomère d'un joint de tablier soulevée ou arrachée.
12.	Décalage vertical entre les deux côtés d'un joint de tablier ou pièce saillante qui peut être accrochée par les véhicules de déneigement.
13.	Affaissement important à l'approche immédiate.
14.	Nid-de-poule ou cavité importante dans la couche d'enrobé.
15.	Madrier de plancher très endommagé, mal assujéti ou manquant.
16.	Surface de roulement glissante.
17.	Accumulation d'eau, de sable ou de débris sur la surface de roulement, dans les cavités d'un joint de tablier, sur les membrures inférieures d'une poutre triangulée ou dans les drains.
18.	Garde-fou ou glissière (sur le pont ou à l'approche) endommagé, renversé ou manquant.
19.	Grille de cuvette ou de puisard endommagée, déplacée ou manquante.
20.	Panneaux de signalisation ou de présignalisation manquants, spécialement ceux relatifs à une restriction de charges.

Tableau 1.2-2 Défauts décelables lors de l'inspection annuelle d'un ponceau

1.	Fissures dans l'enrobé et dépression dans le profil de la route.
2.	Accumulation de débris à l'entrée du ponceau.
3.	Fissures, déplacements ou autres dommages importants affectant les ouvrages de protection des extrémités du ponceau.
4.	Perte de matériau sur le pourtour du ponceau ou affouillement sous le ponceau.
5.	Fléchissement important de la dalle, de la voûte ou des murs d'un ponceau.
6.	Déformation modifiant localement les dimensions de la section transversale d'un ponceau en acier.

Tableau 1.2-3 Défauts décelables lors de l'inspection annuelle d'un mur

1.	Perte de matériau sous la fondation.
2.	Perte d'aplomb.
3.	Dépression dans le profil du dessus ou déviation dans l'alignement.
4.	Fissure parallèle au mur dans l'enrobé qui recouvre le remblai supporté.
5.	Affaissement de la route ou du remblai le long du mur.

1.2.3 L'inspection sous-marine

Cette inspection est réalisée sur les structures dont une partie des unités de fondation ne peut être inspectée autrement à cause de la profondeur de l'eau. Ces structures sont déterminées par l'ingénieur responsable des structures à la direction territoriale.

Toutefois, l'ingénieur responsable d'une inspection générale peut recommander qu'une inspection sous-marine soit réalisée dans le cas où un problème est détecté ou soupçonné. Dans ce cas, en plus d'indiquer sa recommandation dans le rapport d'inspection générale, l'ingénieur doit aviser la direction territoriale le plus rapidement possible afin qu'une action soit entreprise, le cas échéant.

L'inspection sous-marine consiste à faire examiner par des plongeurs qualifiés la partie des unités de fondation située sous le niveau des hautes eaux dans le but de détecter les défauts pouvant affecter la capacité et la stabilité de la structure.

Lorsque l'ingénieur responsable de l'inspection ne plonge pas, celui-ci doit pouvoir échanger avec les plongeurs à l'aide d'un système de communication et de caméra vidéo qui lui permet de voir simultanément les parties inspectées par les plongeurs.

Le rapport d'inspection doit inclure un plan détaillé montrant l'ampleur des anomalies et des défauts observés sur chacune des faces des unités de fondation inspectées. Le rapport doit également fournir des commentaires à l'appui des observations, des photos et toutes les autres données pertinentes.

L'ingénieur responsable de l'inspection sous-marine doit également interpréter l'importance des défauts observés selon les critères établis par le système d'évaluation de l'état, décrit au chapitre 3, en vue de faire les recommandations nécessaires à la mise à jour des éléments concernés de l'inspection générale.

1.2.4 L'inspection spéciale

L'inspection spéciale consiste à examiner minutieusement les éléments principaux d'une structure dans le but de détecter les défauts et de préciser leur incidence sur la capacité ou la stabilité de ces éléments et de la structure.

L'inspection spéciale est réalisée principalement lorsque des problèmes structuraux nécessitant une prise de décision rapide quant à la capacité et à la stabilité de la structure est requise, par exemple, lorsqu'une poutre d'une structure est frappée par un véhicule.

Une inspection spéciale peut aussi être nécessaire pour les ouvrages dont le système structural est complexe ou lorsque des défauts importants ont été observés sur les éléments principaux d'une structure lors d'une l'inspection générale. Dans ce dernier cas, en plus de recommander qu'une inspection spéciale soit réalisée, l'ingénieur responsable de l'inspection générale doit aviser l'ingénieur responsable des structures à la direction territoriale le plus rapidement possible afin qu'il puisse intervenir, si nécessaire.

L'inspection spéciale est réalisée par un ingénieur de la Direction des structures, à la demande de la direction territoriale. Le rapport d'inspection spéciale doit contenir les renseignements suivants :

- les méthodes utilisées pour déterminer l'étendue des dommages et caractériser les matériaux;
- les résultats des tests et des essais effectués, s'il y a lieu;
- des croquis montrant les éléments endommagés et l'ampleur des défauts observés sur chacun d'eux;
- des photographies montrant les défauts observés;

- des recommandations relatives :
 - à l'imposition d'une restriction de charge temporaire ou à la fermeture de la structure à la circulation,
 - à la réalisation d'une évaluation de la capacité portante de la structure, s'il y a lieu,
 - à la nécessité d'une inspection d'observation,
 - à la nécessité de travaux de réparation pour redonner à la structure sa capacité originale.

1.2.5 L'inspection d'affouillement

L'inspection d'affouillement consiste à déterminer, par des mesures de nivellement, le profil du lit du cours d'eau de manière à situer le lit par rapport aux unités de fondation. Elle permet ainsi de comparer les profils obtenus avec ceux apparaissant sur les plans de construction de la structure ou sur les relevés d'inspections antérieures.

Elle a pour objectifs :

- de détecter les problèmes d'affouillement qui peuvent compromettre la stabilité des éléments de fondation;
- de suivre l'évolution du comportement du lit du cours d'eau en ce qui a trait aux problèmes d'affouillement, d'exhaussement, de dégradation ou de déplacement du lit.

Cette inspection permet de faire un suivi de l'affouillement, car c'est un phénomène qui peut se produire subitement lors d'une crue importante ou progresser lentement avec les années. Elle doit être effectuée tant que la stabilité du lit du cours d'eau autour de l'unité de fondation n'a pas été démontrée ou que des travaux correctifs n'ont pas été réalisés avec succès.

L'inspection d'affouillement concerne principalement les structures dont les unités de fondation ne reposent pas sur le roc sain ou sur des pieux et qui ne sont pas protégées adéquatement. Elle vise plus particulièrement les structures qui présentent les plus grands risques d'être touchées par un problème d'affouillement, c'est-à-dire celles dont :

- les semelles sont apparentes;
- les éléments de fondation en rivière sont disposés en biais par rapport au courant;
- les piles retiennent les débris transportés par le cours d'eau;
- l'ouverture est insuffisante pour permettre l'écoulement de l'eau. Ce défaut peut être détecté par les indices suivants :
 - un niveau d'eau plus élevé en amont qu'en aval de la structure, lors de crues,
 - une érosion anormale des berges,

- un lit qui s'élargit immédiatement en amont ou en aval de la structure,
- des dépôts de matériaux à l'arrière ou à l'avant d'une pile;
- le lit peut être sujet à des déplacements, de la dégradation ou de l'exhaussement.

Elle vise également les structures pour lesquelles les risques d'affouillement des éléments sont augmentés par :

- le niveau des eaux hautes extrêmes lorsqu'il est plus haut que le dessous du tablier ou de l'ossature;
- l'inondation du tablier et de la route;
- les fortes crues.

Les structures présentant un potentiel d'affouillement doivent être inscrites dans l'inventaire par l'ingénieur responsable des structures à la direction territoriale de façon à constituer une liste de structures pour lesquelles une inspection visant à prévenir des dommages majeurs soit effectuée à intervalles réguliers ou après chaque crue importante. Le rapport de l'inspection d'affouillement doit démontrer la stabilité ou les changements de profil du lit du cours d'eau et préciser, s'il y a lieu, les problèmes de perte de matériau qui touchent les unités de fondation ainsi que leur ampleur.

1.2.6 L'inspection d'observation

L'inspection d'observation consiste à examiner, à intervalles réguliers et plus rapprochés que l'inspection générale, un élément ou une partie d'une structure qui est déjà endommagée ou susceptible de le devenir. Ce type d'inspection permet de suivre l'évolution de défauts déjà détectés et de déceler au plus tôt l'apparition de nouveaux défauts pouvant compromettre le niveau de sécurité de la structure.

Les structures visées par cette inspection sont celles dont l'évaluation de la capacité portante théorique est faible, mais qui ne présentent pas de signes de faiblesse marqués et dont le mode de rupture envisagé est ductile. L'inspection d'observation vise également les structures qui n'ont pas fait l'objet d'une évaluation de la capacité portante, mais qui présentent des signes de faiblesse et dont le mode de rupture envisagé est également ductile.

Le suivi d'un ouvrage par des inspections d'observation permet d'assurer sa sécurité en attendant une intervention qui ne peut qu'être prévue à moyen ou à long terme. Elle permet donc de reporter dans le temps une intervention qui, autrement, serait nécessaire immédiatement.

En plus d'un examen minutieux des éléments endommagés ou susceptibles de le devenir, ce type d'inspection peut nécessiter l'installation d'appareils de mesure et

l'analyse des relevés afin d'établir l'importance de l'activité des fissures, de la déflexion d'éléments, etc. À titre d'exemple, un relevé d'arpentage, simple d'exécution, est considéré comme une méthode appropriée pour déterminer la flèche d'une travée.

La décision de procéder à ce type d'inspection ainsi que le choix de la fréquence des inspections d'observation sont déterminés par la direction territoriale ou par la Direction des structures, selon les situations.

Le rapport d'inspection d'observation doit faire état des lectures effectuées à l'aide d'instruments de mesure. Il doit également démontrer la stabilité de la structure ou signaler la progression ou l'apparition de nouveaux défauts. Tout changement ou toute évolution par rapport aux conditions initiales doit être porté à l'attention de l'ingénieur responsable des structures à la direction territoriale et de l'ingénieur de l'unité qui a exigé le suivi.

1.2.7 L'inspection d'évaluation

L'inspection d'évaluation fait partie du processus d'évaluation de la capacité portante des structures.

Une description complète de ce type d'inspection se trouve dans le *Manuel d'évaluation de la capacité portante des structures* ou le *Manuel d'évaluation de la capacité portante des ponts acier-bois*.

1.2.8 L'inspection par essai non destructif sur l'acier

Dans le cadre de l'inspection des structures, l'essai non destructif sur un élément en acier est réalisé lorsqu'une fissure est soupçonnée ou lorsqu'une structure présente des détails sensibles à la fatigue.

Les méthodes d'essais utilisées sont généralement la magnétoscopie, les ultrasons et, moins fréquemment, le ressuage.

La magnétoscopie, également connue sous l'appellation « particules magnétiques », est utilisée pour détecter les fissures à la surface ou près de la surface des éléments en acier et des cordons de soudure. Cet examen exige le nettoyage des surfaces à inspecter et l'enlèvement du revêtement de peinture.

Les ultrasons permettent également de détecter et de localiser des défauts de très petites dimensions situés en profondeur dans l'acier et dans les cordons de soudure. L'essai par ultrason peut être requis dans les cas particuliers où l'on veut vérifier la présence d'un défaut dans un assemblage à soudure bout à bout.

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 est très peu utilisée pour les ponts.

Des renseignements additionnels concernant ces méthodes d'investigation se trouvent dans le chapitre 4 du *Manuel d'entretien des structures*.

1.3 LA FRÉQUENCE DES INSPECTIONS

1.3.1 L'inspection générale

1.3.1.1 La détermination de la fréquence

L'intervalle entre les inspections générales varie de deux à quatre ans et il est déterminé de la façon décrite ci-dessous.

Première inspection

Dans le cas des nouvelles structures (ponts, ponceaux ou murs) ou des structures dont le tablier a été remplacé, la première inspection générale doit se faire au même moment que l'inspection de réception des travaux. L'équipement d'accès à la structure est alors fourni par l'entrepreneur et ce sont des inspecteurs du Ministère qui doivent effectuer cette première inspection générale.

Inspections suivantes

Par la suite, et pour toutes les autres structures, sauf celles situées dans les emprises ferroviaires abandonnées acquises par le Ministère et les tunnels, la fréquence entre les inspections générales doit être déterminée en utilisant le tableau 1.3-1. Cet intervalle est fonction :

- du type de structure considérée;
- de l'indice de matériau de la structure (IMS), déterminé à partir des résultats de l'inspection;
- de l'indice de comportement de la structure (ICS), déterminé à partir des résultats de l'inspection;
- de l'âge virtuel de la structure (A_v), déterminé à l'aide d'équations empiriques présentées à la suite des tableaux.

Dans le cas des structures situées dans les emprises ferroviaires abandonnées acquises par le Ministère, la fréquence entre les inspections générales est égale à deux fois l'intervalle déterminé à partir du tableau 1.3-1. Pour les tunnels, la fréquence est fixée à trois ans.

Il est à noter que lorsque l'inspection générale d'une structure est prévue au cours d'une année où des travaux sont réalisés, il est suggéré de procéder à l'inspection

après les travaux afin d'éviter de retourner sur les lieux pour mettre à jour les données de l'inspection. Toutefois, lorsque les travaux s'échelonnent sur plus d'une année, il n'est pas permis d'attendre à la fin des travaux pour procéder à l'inspection générale.

Tableau 1.3-1 Fréquences d'inspections générales (années)

TYPES DE STRUCTURES :		11, 12, 13, 14, 16, 19, 21, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 56, 57, 58, 71, 73, 75, 85 et 97					
IMS ou ICS (plus petite valeur)	ÂGE (virtuel)						
	0 à 19	20 à 29	30 à 39	40 à 49	50 à 59	60 à 69	70 et +
< 50	3	3	3	3	2	2	2
50 à 69	4	4	3	3	3	3	2
70 à 89	4	4	4	3	3	3	3
90 et +	4	4	4	4	4	3	3
TYPES DE STRUCTURES :		61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 72, 74, 76, 77, 81 et 82					
IMS ou ICS (plus petite valeur)	ÂGE (virtuel)						
	0 à 19	20 à 29	30 à 39	40 à 49	50 à 59	60 à 69	70 et +
< 50	2	2	2	2	2	2	2
50 à 69	3	3	3	2	2	2	2
70 à 89	3	3	3	3	2	2	2
90 et +	4	4	4	3	3	2	2
TYPES DE STRUCTURES :		15, 17, 18 et 20					
IMS ou ICS (plus petite valeur)	ÂGE (virtuel)						
	0 à 19	20 à 29	30 à 39	40 à 49	50 à 59	60 à 69	70 et +
< 50	2	2	2	2	2	2	2
50 à 69	3	2	2	2	2	2	2
70 à 89	3	3	2	2	2	2	2
90 et +	4	3	3	2	2	2	2

Calcul de l'âge virtuel :

$$A_v = K_a * K_c * A_{ge} \quad (\text{Équation 1})$$

où A_v = âge virtuel de la structure;
 K_a = facteur d'affichage de la structure calculé à partir de l'équation 2;
 K_c = facteur de circulation calculé à partir de l'équation 3;
 A_{ge} = âge de la structure calculé à partir de l'année de construction du système structural.

Calcul du facteur K_a :

$$K_a = 1,59 - 0,59 * F \quad (\text{Équation 2})$$

$$K_a \geq 1,0$$

où F = facteur minimal de capacité en surcharge calculé lors de l'évaluation de la capacité portante de la structure.

Pour tous les types de structures, à l'exception des ponts acier-bois (type 45), lorsque la valeur de F n'est pas disponible, il faut alors utiliser l'année de construction du système structural :

- lorsque l'année est supérieure ou égale à 1960, alors K_a est égal à 1;
- lorsque l'année est inférieure à 1960, alors **la fréquence d'inspection doit être fixée par l'ingénieur responsable**. Cependant, cette fréquence ne doit pas dépasser la plus petite des deux valeurs suivantes : soit la fréquence obtenue en utilisant une valeur de K_a égale à 1 ou une fréquence de 3 ans.

Dans le cas des ponts acier-bois (type 45), lorsque la valeur de F n'est pas disponible, l'année charnière à utiliser est 1990 :

- lorsque l'année est supérieure ou égale à 1990, alors K_a est égal à 1;
- lorsque l'année est inférieure à 1990, alors **la fréquence d'inspection doit être fixée par l'ingénieur responsable**. Cependant, cette fréquence ne doit pas dépasser la plus petite des deux valeurs suivantes : soit la fréquence obtenue en utilisant une valeur de K_a égale à 1 ou une fréquence de 3 ans.

Calcul du facteur K_c :

$$K_c = 0,25 \log(DJMA) + 0,25 \quad (\text{Équation 3})$$

$$K_c \geq 1,0$$

où $DJMA$ = débit journalier moyen annuel.

Dans le cas des murs, l'âge virtuel (Av) est considéré comme étant l'âge réel du mur, c'est-à-dire le nombre d'années écoulées depuis sa construction.

Il est à noter que, pour les ponts qui se trouvent dans les emprises ferroviaires abandonnées, il n'y a pas de valeur de DJMA disponible et Kc doit être pris comme étant égal à 1 pour utiliser le tableau 1.3-1.

Pour certaines structures d'envergure, la fréquence d'inspection de certains éléments peut être différente de celle indiquée dans le tableau 1.3-1 et doit être déterminée par la Direction des structures.

1.3.1.2 Les limites de la méthode de calcul

Lorsque l'indice IMS ou l'indice ICS est égal à -1, cela signifie qu'il y a une erreur dans son calcul. La fréquence d'inspection doit alors être fixée par l'ingénieur responsable, mais elle ne doit pas dépasser trois ans.

Les fréquences d'inspection obtenues par cette méthode de calcul peuvent être modifiées lorsque des facteurs non considérés dans la méthode influent sur l'état du pont (accidents, inondation, augmentation du transport lourd, etc.). Il est alors du devoir de l'ingénieur responsable des structures de revoir à la baisse l'intervalle d'inspection suggéré et d'inscrire une fréquence effective dans le système de gestion des structures GSQ.

1.3.1.3 L'inspection générale des éléments difficiles d'accès

PRINCIPE GÉNÉRAL

Les éléments difficiles d'accès sont définis comme étant des éléments pour lesquels l'utilisation d'un équipement spécial d'inspection tel qu'une nacelle, une passerelle ou la technique de progression en appui sur cordes est nécessaire afin de procéder à leur inspection.

Lors de l'inspection générale, il est permis de reporter les données de l'inspection générale précédente d'un élément difficile d'accès, **lorsque toutes les conditions énumérées ci-dessous sont respectées :**

- l'élément difficile d'accès était en bon état lors de la dernière inspection générale, c'est-à-dire que :
 - les pourcentages de matériaux dans les états C et D sont égaux à 0 %,
 - la cote de comportement est égale à 3 ou 4;
- la structure ne fait l'objet d'aucune restriction de charge ni d'aucune recommandation d'affichage;

- l'inspecteur juge sur place qu'aucun changement n'est survenu à cet élément difficile d'accès depuis la dernière inspection générale en se basant sur l'observation des éléments qui se trouvent à proximité.

Il est à noter que les deux premières conditions sont vérifiées avant l'inspection, mais la troisième condition n'est vérifiable que lors de l'inspection. À ce moment, si l'inspecteur juge qu'il y a eu un changement en ce qui concerne l'état de l'élément difficile d'accès, alors l'inspection générale de cet élément doit être prévue à très court terme, car l'inspection générale n'est pas complète tant que l'ensemble des éléments n'a pas été inspecté.

Il est important de noter également que le report des données d'inspection n'est pas permis deux fois de suite.

CAS PARTICULIERS – ÉLÉMENT EN ACIER

L'inspection générale des éléments difficiles d'accès des structures désignées ci-dessous doit être effectuée selon la fréquence établie dans le tableau 1.3-1 :

- ponts à poutres triangulées en acier (types 61, 62, 63, 64 et 65);
- ponts en arc en acier (types 72, 74 et 76);
- ponts suspendus (type 81);
- ponts à haubans (type 82).

Quant à la **partie se trouvant à plus de 3 m au-dessus de la chaussée**, étant donné que cette partie de la structure n'est que peu ou pas éclaboussée par les sels de déglacage, l'intervalle entre les inspections peut être allongé lorsque toutes les conditions énumérées dans le principe général sont respectées. Toutefois, l'intervalle entre deux inspections dans cette partie de la structure ne doit pas être supérieur à deux fois celui établi pour l'inspection générale du pont.

1.3.1.4 Les tunnels et les stations de pompage

Les tunnels (type 94) et les stations de pompage (type 98) sont exclus de la procédure décrite à la section 1.3.1.1.

La fréquence des inspections générales des tunnels est fixée à trois ans. Pour les stations de pompage, la fréquence des inspections du bâtiment et des différents équipements électriques et mécaniques est fixée par la direction territoriale concernée.

1.3.2 L'inspection annuelle

Comme son nom l'indique, l'inspection annuelle des structures concernées par le programme d'inspection doit être effectuée une fois l'an, sauf l'année où l'inspection générale est réalisée.

Idéalement, pour les structures situées au-dessus ou le long d'un cours d'eau, cette inspection devrait être effectuée le plus rapidement possible après une période de crue, de fortes pluies ou de grandes marées.

1.3.3 L'inspection sous-marine

L'inspection sous-marine des unités de fondation des structures concernées par ce type d'inspection doit être réalisée au moins une fois tous les dix ans. Cette fréquence peut être réduite par l'ingénieur responsable des structures à la direction territoriale pour tenir compte des particularités d'un cours d'eau ou pour suivre l'évolution de défauts déjà détectés.

1.3.4 Les inspections spéciales, d'évaluation et par essai non destructif sur l'acier

Ces inspections n'ont pas de fréquence prédéterminée parce qu'elles sont effectuées de façon *ad hoc* pour répondre à un besoin particulier.

1.3.5 L'inspection d'affouillement

L'inspection d'affouillement des structures désignées comme présentant un potentiel d'affouillement doit être effectuée après chaque crue importante ou selon la fréquence établie par l'ingénieur responsable des structures à la direction territoriale.

1.3.6 L'inspection d'observation

L'inspection d'observation des structures concernées doit être réalisée selon la fréquence établie par l'ingénieur qui a exigé ce type de suivi. Généralement, la fréquence est assez courte et se compte en mois.

1.4 LES NIVEAUX DE STRUCTURE

Les structures sont regroupées en trois niveaux :

- niveau 1;
- niveau 2;
- niveau 3.

Chaque niveau est défini en fonction des caractéristiques suivantes :

- le type de structure;
- la fréquence d'inspection;
- la longueur de la travée la plus longue;
- la continuité du système structural (travées continues ou simplement appuyées).

1.4.1 Le niveau 1

Les structures de niveau 1 correspondent aux structures les plus complexes et sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau 1.4-1 Les structures de niveau 1

Type	Description
44	Ponts à poutres à âme pleine en acier (travées continues)
51	Ponts à poutres à âme pleine et à béquilles en acier
56, 57 et 58	Ponts à poutres-caissons, en béton armé ou précontraint, ou en acier
61 à 65	Ponts à poutres triangulées en acier
72, 74 et 76	Ponts en arc en acier
81 et 82	Ponts à câbles
85	Ponts mobiles
94	Tunnels

1.4.2 Le niveau 2

Les structures de niveau 2 sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau 1.4-2 Les structures de niveau 2

Type	Description
31, 32, 38, 39	Ponts à dalles épaisses et ponts à béquilles en béton armé ou en béton précontraint
43	Ponts à poutres à âme pleine en béton précontraint, coulées en place
44	Ponts à poutres à âme pleine en acier (travées non continues)
49	Portiques à poutres à âme pleine en acier
50	Ponts (poutres à âme pleine) à béquilles en béton armé
66	Ponts à poutres triangulées en bois
67	Ponts couverts
71, 73 et 75	Ponts en arc en béton armé
77	Ponts en arc à tablier supérieur, en bois

1.4.3 Le niveau 3

Les structures de niveau 3 sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau 1.4-3 Les structures de niveau 3

Types	Description
11 à 21	Ponceaux
33 et 34	Ponts à dalles évidées en béton armé ou précontraint
35, 36, 37	Portiques en béton armé ou en béton précontraint avec ou sans remblai
41	Ponts à poutres à âme pleine en béton armé
42	Ponts à poutres à âme pleine en béton précontraint, préfabriquées
45	Ponts acier-bois
46	Ponts à poutres à âme pleine en bois
47 et 48	Ponts à poutres à âme pleine, de type portique en béton armé
52	Ponts à poutres à âme pleine en acier, enrobées de béton
97	Murs

Il est à noter que les structures de niveau 3 dont la fréquence d'inspection est de deux ans ou moins, ainsi que les structures de niveau 3 dont la longueur d'une travée est supérieure à 35 m, sont considérées de niveau 2.

1.5 LES FORMATIONS ET L'EXPÉRIENCE REQUISES POUR RÉALISER LES INSPECTIONS

Les inspections peuvent être réalisées par le personnel du Ministère ou par du personnel de firmes privées. Cette section présente les exigences requises quant aux formations et à l'expérience requises pour réaliser les inspections.

1.5.1 Les inspections réalisées par le personnel du Ministère

1.5.1.1 Les inspections générales et annuelles

LES CLASSES D'INSPECTEUR

Pour répondre aux besoins du programme d'inspection, cinq classes d'inspecteurs ont été établies :

- les classes A1 et A2, pour les ingénieurs;
- les classes B1 et B2, pour les techniciens;
- la classe F pour les ingénieurs et les techniciens.

LES CLASSES A1 ET A2

Les inspecteurs de classes A1 et A2 sont des ingénieurs, membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec. Ils peuvent réaliser des inspections générales ou annuelles. La classe A1 est le niveau le plus élevé.

Pour chacune de ces classes, le tableau ci-dessous indique les formations théoriques que les inspecteurs doivent réussir.

Tableau 1.5-1 Formations théoriques requises pour les inspecteurs de classes A1 et A2

Formations	Classes d'inspecteur	
	A1	A2
Inspection des structures 2008 / Transition – Inspection des structures 2008	X	X
Entretien des structures	X	X
Conception des structures	X	
Notions complémentaires pour l'inspection des ponts en acier	X	

De plus, il est recommandé que l'ingénieur de classe A2 suive également la formation « Notions complémentaires pour l'inspection des ponts en acier ».

En vue d'obtenir la classe A2, le futur inspecteur doit également suivre une formation pratique en inspection générale. Cette formation consiste à réaliser l'inspection générale d'au moins une structure de chacun des regroupements de types de structure présentés dans le tableau 1.5-2, et ce, en compagnie d'un inspecteur de classe A1. Cette exigence s'applique aux types de structures du tableau qui sont sous la gestion de sa direction territoriale, c'est-à-dire que, dans le cas où un type de structure particulier ne se trouve pas dans sa direction territoriale, l'inspecteur n'est pas tenu de se rendre dans une autre direction territoriale pour achever sa formation pratique.

Dans le cas d'une structure où la surface de tablier est supérieure à 500 m², l'inspection peut se limiter à cette superficie aux fins de la formation pratique.

Il est à noter qu'un ingénieur junior ou stagiaire est classé B2 lorsqu'il a achevé sa formation pratique dans le but d'obtenir la classe A2, et ce, jusqu'à l'obtention de son permis d'ingénieur.

Tableau 1.5-2 Formation pratique requise pour les inspecteurs de classe A2

Types	Description
11, 12, 13, 14, 19	Ponceaux en béton armé
15, 17, 18, 20	Ponceaux en acier
31 à 39	Ponts à dalles épaisses
41, 47, 48, 50	Ponts à poutres à âme pleine en béton armé, ponts à poutres à âme pleine de type portique en béton armé ou ponts à poutres à âme pleine à béquilles en béton armé
42	Ponts à poutres à âme pleine en béton précontraint, préfabriquées
43	Ponts à poutres à âme pleine en béton précontraint, coulées en place
44, 49, 51	Ponts à poutres à âme pleine en acier à travées continues , portiques à poutres à âme pleine en acier ou ponts à poutres à âme pleine à béquilles en acier
45	Ponts acier-bois
46	Ponts à poutres en bois
56, 57, 58	Ponts à poutres-caissons en béton armé, en béton précontraint ou en acier
61 à 65	Ponts à poutres triangulées en acier
67	Ponts couverts
71, 73, 75	Ponts en arc en béton armé
72, 74, 76	Ponts en arc en acier
77	Ponts en arc à tablier supérieur, en bois
81, 82	Ponts à câbles
97	Murs

Pour qu'un inspecteur soit reconnu de classe A1, il doit :

- avoir réussi les formations théoriques indiquées dans le tableau 1.5-1;
- avoir achevé la même formation pratique que l'inspecteur de classe A2 (voir le tableau 1.5-2);
- avoir déjà réalisé l'inspection générale de structures, correspondant à un minimum de 60 000 m² de surface de tablier de ponts, de ponceaux, de tunnels et de murs, dont un maximum de 7 500 m² de murs. Il est à noter que la superficie dans le cas des ponceaux et des tunnels est calculée en multipliant l'ouverture du ponceau ou du tunnel par sa longueur.

LES CLASSES B1 ET B2

Les inspecteurs de classes B1 et B2 sont des techniciens en génie civil. Le technicien en génie civil doit détenir un diplôme d'études collégiales (DEC) reconnu par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport du Québec ou être une personne de compétence équivalente née avant 1952.

Les inspecteurs des classes B1 et B2 peuvent réaliser des inspections générales ou annuelles. La classe B1 est le niveau le plus élevé.

Pour chacune de ces classes, le tableau ci-dessous indique les formations théoriques que les inspecteurs doivent réussir.

Tableau 1.5-3 Formations théoriques requises pour les inspecteurs de classes B1 et B2

Formations	Classes d'inspecteur	
	B1	B2
Inspection des structures 2008 / Transition – Inspection des structures 2008	X	X
Entretien des structures	X	

En vue de l'obtention de la classe B2, le futur inspecteur doit également suivre une formation pratique en inspection générale. Cette formation consiste à réaliser l'inspection générale, en compagnie d'un inspecteur de classe A1, d'au moins une structure de chacun des regroupements de types de structure présentés dans le tableau 1.5-4.

Cette exigence s'applique aux types de structures du tableau qui sont sous la gestion de sa direction territoriale, c'est-à-dire que dans le cas où un type de structure particulier ne se trouve pas dans sa direction territoriale, l'inspecteur n'est pas tenu de se rendre dans une autre direction territoriale pour achever sa formation pratique.

Dans le cas d'une structure où la surface de tablier est supérieure à 500 m², l'inspection peut se limiter à cette superficie aux fins de la formation pratique.

Pour qu'un inspecteur soit reconnu de classe B1, il doit :

- avoir réussi les formations théoriques indiquées dans le tableau 1.5-3;
- avoir achevé la même formation pratique que l'inspecteur de classe B2 (voir le tableau 1.5-4);
- avoir déjà réalisé l'inspection générale d'un nombre de structures correspondant à un minimum de 60 000 m² de surface de tablier de ponts, de ponceaux, de tunnels et de murs, dont un maximum de 7 500 m² de murs. Il est à noter que la superficie dans le cas des ponceaux et des tunnels est calculée en multipliant l'ouverture du ponceau ou du tunnel par sa longueur.

Tableau 1.5-4 Formation pratique requise pour les inspecteurs de classe B2

Types	Description
11, 12, 13, 14, 19	Ponceaux en béton armé
15, 17, 18, 20	Ponceaux en acier
31 à 39	Ponts à dalles épaisses
41, 47, 48	Ponts à poutres à âme pleine en béton armé ou ponts à poutres à âme pleine, de type portique en béton armé
42	Ponts à poutres à âme pleine en béton précontraint, préfabriquées
45	Ponts acier-bois
46	Ponts à poutres en bois
52	Ponts à poutres en acier, enrobées de béton
97	Murs

LA CLASSE F

L'inspecteur de classe F est un ingénieur ou un technicien en génie civil qui a réussi la formation « Inspection des structures 2008 » et qui suit une formation pratique dans le but de devenir un inspecteur de classe A2 ou B2. L'inspecteur de classe F peut également réaliser des inspections annuelles, mais il ne peut pas agir à titre d'ingénieur responsable d'une inspection annuelle.

LES CLASSES D'INSPECTEUR EN FONCTION DU NIVEAU DE STRUCTURE

Une équipe d'inspection est toujours constituée d'au moins deux personnes. Le tableau 1.5-5 présente les exigences minimales pour les classes d'inspecteur en fonction du niveau de structure. Étant donné que ces exigences sont minimales, les inspecteurs peuvent être remplacés par d'autres de classe supérieure, comme précisé dans le tableau 1.5-6. Pour ce qui est de l'accompagnateur lors de l'inspection annuelle, aucune formation ni aucune expérience particulière en inspection des structures ne sont requises.

De plus, l'inspecteur de classe F peut remplacer l'inspecteur accompagnateur lors de l'inspection générale de structures faisant partie de sa formation pratique, à la condition qu'il accompagne un inspecteur de classe A1.

Tableau 1.5-5 Exigences minimales des classes d'inspecteur pour l'inspection générale et l'inspection annuelle

Niveaux de structure	Inspection générale				Inspection annuelle	
	A1	A2	B1	B2	F	Accompagnateur
1	X			X	X	X
2		X		X	X	X
3			X	X	X	X

Tableau 1.5-6 Classes alternatives d'inspecteur

Classes d'inspecteur	Classes d'inspecteur remplaçant
A2	A1
B1	A2 ou A1
B2	B1, A2 ou A1

LES CLASSES D'INSPECTEUR POUR LA VALIDATION DES DONNÉES D'INVENTAIRE

La validation des données d'inventaire doit être réalisée par deux inspecteurs de classe A, B ou F. L'une de ces deux personnes doit être au moins de classe B1.

LES TÂCHES ET LES RESPONSABILITÉS RELATIVES À L'INSPECTION GÉNÉRALE

Les tableaux 1.5-7, 1.5-8 et 1.5-9 résument les tâches et les responsabilités des inspecteurs en fonction des niveaux de structures.

Il est sous-entendu dans ces tableaux que l'ingénieur responsable de l'inspection s'assure que toutes les activités ont été exécutées conformément aux exigences du système d'inspection et que les données recueillies sont précises et fiables.

Tableau 1.5-7 Tâches et responsabilités – Structures de niveau 1

Activité	Technicien B2	Ingénieur A1
	Inspecteur accompagnateur	Inspecteur et ingénieur responsable
Préparation de l'inspection	Réalise	
Évaluation pour chaque élément de : – l'état du matériau (A, B, C et D) – la cote de comportement (CEC)	Réalise, vérifie ⁽¹⁾	Réalise, vérifie ⁽¹⁾
Recommandations relatives aux activités d'entretien à réaliser	Réalise, vérifie ⁽¹⁾	Réalise, vérifie ⁽¹⁾
Mesures de sécurité ou interventions rapides pour une situation d'urgence		Réalise
Photographies	Réalise	
Production de croquis tels que le relevé de fissuration	Réalise	Vérifie
Avis de fissuration, si requis		Réalise
Saisie des données dans le système GSQ	Réalise	Vérifie
Recommandations relatives aux demandes d'informations additionnelles pour compléter l'inspection		Réalise
Planification des travaux à exécuter sur la structure		Réalise

1. Tous les éléments principaux de la structure doivent être inspectés par les deux inspecteurs. Les données recueillies par un inspecteur doivent être vérifiées par l'autre inspecteur. Dans le cas des éléments secondaires, l'inspecteur A1 peut être remplacé par un inspecteur B1.

Tableau 1.5-8 Tâches et responsabilités – Structures de niveau 2

Activité	Technicien B2	Ingénieur A2
	Inspecteur accompagnateur	Inspecteur et ingénieur responsable
Préparation de l'inspection	Réalise	
Évaluation pour chaque élément de : – l'état du matériau (A, B, C et D) – la cote de comportement (CEC)	Réalise, vérifie ⁽¹⁾	Réalise, vérifie ⁽¹⁾
Recommandations relatives aux activités d'entretien à réaliser	Réalise, vérifie ⁽¹⁾	Réalise, vérifie ⁽¹⁾
Mesures de sécurité ou interventions rapides pour une situation d'urgence		Réalise
Photographies	Réalise	
Production de croquis tels que le relevé de fissuration	Réalise	Vérifie
Avis de fissuration, si requis		Réalise
Saisie des données dans le système GSQ	Réalise	Vérifie
Recommandations relatives aux demandes d'informations additionnelles pour compléter l'inspection		Réalise
Planification des travaux à exécuter sur la structure		Réalise

1. Tous les éléments principaux de la structure doivent être inspectés par les deux inspecteurs. Les données recueillies par un inspecteur doivent être vérifiées par l'autre inspecteur. Dans le cas des éléments secondaires, l'inspecteur A2 peut être remplacé par un inspecteur B1.

Tableau 1.5-9 Tâches et responsabilités – Structures de niveau 3

Activité	Technicien B2	Technicien B1	Ingénieur A2
	Inspecteur accompagnateur	Inspecteur	Ingénieur responsable
Préparation	Réalise		
Évaluation pour chaque élément de : – l'état du matériau (A, B, C et D) – la cote de comportement (CEC)	Réalise, vérifie ⁽¹⁾	Réalise, vérifie ⁽¹⁾	(2)
Recommandation relative aux activités d'entretien à réaliser	Réalise, vérifie ⁽¹⁾	Réalise, vérifie ⁽¹⁾	(2)
Mesures de sécurité ou interventions rapides pour une situation urgente		Avisé l'ingénieur	Prend les dispositions nécessaires
Photographies	Réalise		
Production de croquis tels que le relevé de fissuration	Réalise	Vérifie	(2)
Avis de fissuration, si requis			Réalise
Saisie des données dans le système GSQ	Réalise	Vérifie	(2)
Recommandations relatives aux demandes d'informations additionnelles pour compléter l'inspection		Suggère	Réalise
Planification des travaux à exécuter sur la structure			Réalise

1. Tous les éléments principaux de la structure doivent être inspectés par les deux inspecteurs. Les données recueillies par un inspecteur doivent être vérifiées par l'autre inspecteur.
2. L'ingénieur doit s'assurer que toutes les activités ont été exécutées conformément aux exigences du système d'inspection et que les données recueillies sont précises et fiables.

1.5.1.2 Les autres types d'inspection

Les classes d'inspecteurs pour la réalisation des inspections générales et annuelles ont été présentées à la section 1.5.1.1. Pour les autres types d'inspections, c'est-à-dire les inspections sous-marines, spéciales, d'affouillement, d'observation, l'essai non destructif sur l'acier et l'inspection d'évaluation, le tableau 1.5-10 présente les exigences minimales relatives à l'équipe d'inspection.

Tableau 1.5-10 Exigences minimales des classes d'inspecteur pour les autres types d'inspections

Types d'inspection	Exigences minimales relatives à l'équipe d'inspection
Sous-marine	Un inspecteur de classe A1 si la structure est de niveau 1 et un inspecteur de classe A2 si la structure est de niveau 2 ou 3
Spéciale	Un ingénieur de la Direction des structures
Affouillement	Un inspecteur B2 sous la supervision d'un ingénieur
Observation	Un inspecteur B2 sous la supervision d'un ingénieur
Essai non destructif sur l'acier	Un ingénieur de la Direction du laboratoire des chaussées ayant l'expertise dans le domaine
Évaluation (sauf pont acier-bois)	Un ingénieur de la Direction des structures
Évaluation (pont acier-bois)	Un ingénieur ayant réussi le cours d'inspection de structures 2008 et le cours d'évaluation de la capacité portante des ponts acier-bois

1.5.2 Les inspections confiées à des firmes privées

Lorsque des inspections sont confiées à une firme privée, le prestataire de services désigne un chargé de projet qui doit coordonner le travail de l'équipe ou des équipes d'inspection. Lorsque la réalisation ou la vérification de l'inventaire fait également partie du mandat, celle-ci doit être réalisée par une équipe d'inspection générale.

En ce qui concerne l'inspection générale et annuelle, les exigences spécifiées dans la présente section font référence au devis de demande de services professionnels « Inspection des structures ».

1.5.2.1 Les inspections générales

Dans le cas où des inspections générales sont confiées à une firme privée, la qualification de l'équipe d'inspection est indépendante du niveau des structures à inspecter.

L'équipe d'inspection générale doit être constituée comme suit :

- un ingénieur;
- et
- un technicien en génie civil.

Le chargé de projet et l'ingénieur responsable de l'inspection doivent être titulaires d'un permis d'ingénieur et être inscrits, à titre de membres actifs, au tableau de l'Ordre des ingénieurs du Québec.

Le technicien doit détenir un diplôme d'études collégiales reconnu par le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur du Québec ou être une personne de compétence équivalente née avant 1952.

Dans le but d'acquérir de l'expérience en inspection générale, un ingénieur junior, titulaire d'un permis d'ingénieur junior et inscrit, à titre de membre actif, au tableau de l'Ordre des ingénieurs du Québec, peut remplacer un technicien dans l'équipe d'inspection. Un ingénieur junior est d'ailleurs inscrit dans le système GSQ comme technicien jusqu'à l'obtention de son permis d'ingénieur.

Le chargé de projet ainsi que tous les membres de l'équipe d'inspection générale doivent également avoir réussi les formations théoriques données par un organisme reconnu par la Direction des structures et indiquées dans le tableau 1.5-11. De plus, l'expérience de ces personnes doit correspondre à l'une ou l'autre des exigences décrites dans le même tableau. Il est à noter également que les superficies inspectées dans le cadre d'inspection de structures pour d'autres organisations ne sont pas considérées sur le plan de la reconnaissance de l'expérience des inspecteurs.

Dans le cas d'inspections générales confiées à une firme privée, la tâche et les responsabilités du chargé de projet et des inspecteurs sont définies dans le tableau 1.5-12.

Tableau 1.5-11 Formations théoriques et expérience requises pour le personnel des firmes privées qui réalisent des inspections générales

		Chargé de projet	Équipe d'inspection	
		Ingénieur	Ingénieur	Technicien
Formations théoriques	Inspection des structures 2008 / Transition — Inspection des structures 2008	X	X	X
	Entretien des structures	X	X	
	Notions complémentaires pour l'inspection des ponts en acier	X	X	
Expérience	Doit correspondre à l'une ou l'autre des exigences suivantes :			
	Nombre d'années d'expérience, à titre d'ingénieur, en conception ou évaluation de la capacité portante ou entretien ou inspection (comprenant l'analyse structurale) de ponts	5 ans ^{(1) (2)}	5 ans ^{(1) (2)}	S. O.
	OU			
	Nombre d'années d'expérience, à titre d'ingénieur, en conception ou évaluation de la capacité portante ou entretien (comprenant l'analyse structurale) de ponts et Avoir réalisé l'inspection générale d'un nombre de structures correspondant à un minimum de		2 ans ^{(1) (2)} et 30 000 m ² de surface de tablier de pont, de ponceaux ⁽³⁾ , de tunnels et de murs, dont 7 500 m ² max de murs	S. O.
	OU			
	Avoir réalisé l'inspection générale d'un nombre de structures correspondant à un minimum de		60 000 m ² de surface de tablier de pont, de ponceaux ⁽³⁾ , de tunnels et de murs, dont 7 500 m ² max de murs	S. O.

1. Le nombre d'années d'expérience doit être vérifié à partir des informations contenues dans l'offre de service.
2. L'expérience acquise à titre d'ingénieur junior ne peut être considérée.
3. La superficie dans le cas des ponceaux et des tunnels est calculée en multipliant l'ouverture du ponceau ou du tunnel par sa longueur.

Tableau 1.5-12 Tâches et responsabilités – Inspection générale confiée à une firme privée

Activité	Technicien	Ingénieur ⁽²⁾	Ingénieur ⁽³⁾ Chargé de projet
Préparation	Réalise		
Évaluation pour chaque élément de : – l'état du matériau (A, B, C et D) – la cote de comportement (CEC)	Réalise et vérifie ⁽¹⁾	Réalise et vérifie ⁽¹⁾	
Recommandation relative aux activités d'entretien à réaliser	Réalise et vérifie ⁽¹⁾	Réalise et vérifie ⁽¹⁾	
Mesures de sécurité ou interventions rapides pour une situation d'urgence		Avisé le chargé de projet	Avisé le représentant du Ministère
Photographies	Réalise		
Production de croquis tels que le relevé de fissuration	Réalise	Vérifie	
Avis de fissuration, si requis		Réalise et vérifie	Réalise et vérifie
Saisie des données dans le système GSQ	Réalise	Vérifie	
Recommandations relatives aux demandes d'informations additionnelles pour compléter l'inspection		Suggère	Avisé le représentant du Ministère
Réalisation d'un audit d'au moins une structure par groupe de ponts qui doivent être inspectés dans le présent contrat, dont au moins une structure par équipe d'inspection			Réalise ⁽⁴⁾
Rédaction d'un rapport d'audit pour le Ministère			Réalise ⁽⁴⁾

1. **Tous les éléments de la structure doivent être inspectés par les deux inspecteurs.** Les données recueillies par un inspecteur doivent être vérifiées par l'autre.
2. L'ingénieur de l'équipe d'inspection est l'ingénieur qui signe le rapport de l'inspection générale de la structure.
3. Le chargé de projet, en plus d'être l'interlocuteur du prestataire de services, est responsable auprès du Ministère de l'ensemble des inspections générales des structures visées dans le contrat qui lui a été confié. Il doit donc s'assurer que toutes les activités relatives à l'inspection sont exécutées conformément aux exigences et que les données recueillies sont précises et fiables.

4. Le chargé de projet doit auditer au moins une structure par groupe de ponts (définie au chapitre 1 « Classification des ouvrages d'art » du *Tome III* des normes du Ministère) à inspecter dans le contrat. Afin que chaque équipe soit représentée dans l'audit, les structures choisies doivent compter au moins une structure par équipe d'inspection. À la fin du contrat, un rapport d'audit doit être fourni au Ministère.

1.5.2.2 Les inspections annuelles

Les inspections annuelles confiées à une firme privée sont réalisées par une équipe d'inspection annuelle sous la supervision d'un chargé de projet.

L'équipe d'inspection annuelle doit être constituée comme suit :

- un technicien en génie civil;
- et
- un accompagnateur.

Le chargé de projet doit être titulaire d'un permis d'ingénieur et être inscrit, à titre de membre actif, au tableau de l'Ordre des ingénieurs du Québec.

Le technicien doit détenir un diplôme d'études collégiales en génie civil reconnu par le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur du Québec ou être une personne de compétence équivalente née avant 1952.

Le chargé de projet ainsi que le technicien doivent avoir réussi les formations théoriques données par un organisme reconnu par la Direction des structures et indiquées dans le tableau 1.5-13. De plus, l'expérience du chargé de projet doit correspondre à l'une ou l'autre des exigences décrites dans le même tableau. Il est à noter également que les superficies inspectées dans le cadre d'inspections réalisées pour d'autres organisations ne sont pas considérées sur le plan de la reconnaissance de l'expérience des inspecteurs.

Pour ce qui est de l'accompagnateur, aucune formation ou expérience particulière en inspection de structures n'est requise.

Tableau 1.5-13 Formations théoriques et expérience requises pour le personnel des firmes privées qui réalisent des inspections annuelles

		Chargé de projet	Équipe d'inspection	
		Ingénieur	Technicien	Accompagnateur
Formations théoriques	Inspection des structures 2008 / Transition – Inspection des structures 2008	X	X	S. O.
	Entretien des structures	X		
	Notions complémentaires pour l'inspection des ponts en acier	X		
	Doit correspondre à l'une ou l'autre des exigences suivantes :			
	Nombre d'années d'expérience, à titre d'ingénieur, en conception ou évaluation de la capacité portante ou entretien ou inspection (comprenant l'analyse structurale) de ponts	5 ans ^{(1) (2)}	S. O.	S. O.

1. Le nombre d'années d'expérience doit être vérifié à partir des informations contenues dans l'offre de service.
2. L'expérience acquise à titre d'ingénieur junior ne peut être considérée.

1.5.2.3 Les autres types d'inspection

Les exigences concernant la formation et l'expérience du personnel des firmes privées qui réalisent d'autres types d'inspection sont indiquées dans le tableau 1.5-14.

Tableau 1.5-14 Formations et expérience requises pour le personnel des firmes privées qui réalisent d'autres types d'inspection

Types d'inspection	Chargé de projet et équipe d'inspection
Sous-marine	Les exigences inscrites dans le tableau 1.5-11 s'appliquent au chargé de projet et à l'ingénieur responsable de l'inspection seulement
Affouillement	Les exigences inscrites dans le tableau 1.5-13 s'appliquent
Observation	Les exigences inscrites dans le tableau 1.5-13 s'appliquent
Essai non destructif sur l'acier	Selon les exigences du devis « Inspection d'un ouvrage en acier par essai non destructif »
Évaluation (sauf pont acier-bois)	Un ingénieur répondant aux exigences du devis rédigé à cet effet
Évaluation (pont acier-bois)	Un ingénieur répondant aux exigences du devis « Évaluation de la capacité portante des ponts acier-bois »

1.5.3 Les superficies cumulées par inspecteur

Les superficies des structures inspectées sont cumulées pour chaque inspecteur dans le système GSQ. Le cumul est effectué seulement pour des inspections générales et les règles suivantes sont appliquées :

- la superficie maximale d'une structure, considérée dans le calcul du nombre de mètres carrés accumulé aux fins de l'expérience des inspecteurs, est limitée à 5 000 m² par inspecteur;
- le nombre de mètres carrés attribué à chaque inspecteur varie selon le nombre d'inspecteurs, comme indiqué dans le tableau 1.5-15.

Il est à noter que, pour le partage des superficies de structures inspectées, le système GSQ ne tient pas compte du nombre d'inspecteurs de classe F dans le tableau 1.5-15. Cependant, les superficies inspectées par cet inspecteur de classe F sont cumulées à son dossier, selon les règles établies s'il accompagne un inspecteur de classe A1.

Il est à noter également que les superficies inspectées dans le cadre d'inspections réalisées pour d'autres organisations ne sont pas cumulées dans le système GSQ.

EXEMPLE DE CALCUL 1 : SUPERFICIE SELON LE NOMBRE D'INSPECTEURS

Il y a quatre inspecteurs sur le terrain, dont l'un appartient à la classe F et un autre à la classe A1. Le système considère que le nombre d'inspecteurs à utiliser dans le tableau 1.5-15 est égal à trois et, par conséquent, chacun des quatre inspecteurs accumulera 100 % de la surface inspectée.

EXEMPLE DE CALCUL 2 : PRISE EN COMPTE DE LA SUPERFICIE MAXIMALE D'UNE STRUCTURE

Il y a quatre inspecteurs de classes A et B sur le terrain et la superficie de la structure est égale à 10 500 m². Le système considère que chaque inspecteur accumulera 50 % de la surface d'après le tableau 1.5-15. À partir de cette information, chacun devrait obtenir 50 % de 10 500 m², c'est-à-dire 5 250 m², mais étant donné la limite de 5 000 m² par structure, chaque inspecteur se verra attribuer 5 000 m² pour cette inspection.

Tableau 1.5-15 Pourcentage de la surface accumulée

Nombre d'inspecteurs (sauf la classe F)	% de surface par inspecteur
2 ou 3	100
4 ou 5	50
6 ou 7	33
8 ou 9	25
10 et plus	(200 / Nombre d'inspecteurs)

Le système GSQ vérifie également si les exigences minimales pour les classes d'inspecteur sont respectées. Lorsque l'inspection générale est réalisée par le personnel du Ministère, les exigences minimales pour les membres de l'équipe d'inspection sont celles indiquées à la section 1.5.1.1. Lorsque l'inspection générale est réalisée par le personnel d'une firme privée, l'équipe d'inspection doit être constituée d'au moins un ingénieur et un technicien. Il est à noter qu'une inspection est considérée comme étant réalisée par une firme privée lorsque le nom de la firme a été saisi dans le système GSQ.

Dans le cas où les exigences minimales pour les classes d'inspecteurs ne seraient pas respectées ou que l'inspection générale aurait été réalisée par un seul inspecteur, l'inspection sera considérée comme « non conforme » par le système. Les inspecteurs ne se verront attribuer aucun mètre carré pour cette inspection, mais toutes les données concernant l'inspection seront enregistrées.

De plus, advenant le cas où deux inspections générales seraient réalisées pour la même structure dans la même année, les mètres carrés ne seront cumulés qu'une fois.

Il est à noter que l'ingénieur responsable de l'inspection n'accumule pas de superficie, sauf s'il est présent sur le terrain lors de l'inspection.

Dans le cas d'une inspection mixte, c'est-à-dire où l'équipe d'inspection est composée d'inspecteurs du Ministère et d'inspecteurs de firmes privées, ce sont les règles d'inspections réalisées par les ressources du Ministère qui s'appliquent. Ainsi, un ingénieur d'une firme privée est considéré comme un inspecteur de classe A1 et un technicien d'une firme privée est considéré comme un inspecteur de classe B2.

1.5.4 Le maintien de la classification d'inspecteur

Afin de conserver leur classification, tous les inspecteurs du Ministère ou de firmes privées ainsi que les chargés de projets pour l'inspection doivent réaliser des inspections générales et accumuler une superficie minimale de 10 000 m² de surface de

tabliers, ponceaux, tunnels et murs sur une période de trois ans, dont 1 000 m² au maximum de murs. Il est à noter que la limite de 5 000 m² par inspecteur qui peut être accumulée pour chaque structure s'applique également ici.

La vérification du nombre de mètres carrés est réalisée le 1^{er} janvier de chaque année pour l'ensemble des inspecteurs. Étant donné que la formation de nouveaux inspecteurs peut avoir lieu à différents moments au cours d'une année et afin d'allouer à ces inspecteurs une période complète de trois ans pour accumuler des superficies, la première vérification a lieu le 1^{er} janvier de l'année suivant trois années civiles complètes. Par exemple, pour les personnes formées au cours de l'année 2012, la première vérification du nombre de mètres carrés accumulés aura lieu le 1^{er} janvier 2016.

Par la suite, les vérifications seront faites annuellement et porteront sur les superficies d'inspection accumulées lors des trois dernières années.

Les personnes qui n'auront pas accumulé la superficie minimale requise de 10 000 m² pourront, à leur choix :

- se présenter à un examen de maintien de la classification;

ou

- réussir de nouveau la formation complète « Inspection des structures 2008 ».

Si un inspecteur n'a pas accumulé ses 10 000 m², mais qu'il réussit l'examen de maintien, alors la prochaine vérification aura lieu dans trois ans. Lorsqu'un inspecteur réussit de nouveau la formation « Inspection des structures 2008 », cette personne est considérée comme un inspecteur nouvellement formé et la prochaine vérification de l'exigence de maintien aura lieu le 1^{er} janvier suivant le délai de trois années civiles complètes.

Il est à noter qu'une personne qui ne répond pas à l'exigence de maintien de la classification d'inspecteur sera retirée du système GSQ à la date d'échéance de la classification, soit le 31 mars. Dans l'éventualité où cette personne voudrait que son nom soit remis dans le système GSQ, elle devra réussir à nouveau la formation « Inspection des structures 2008 ».

Les tableaux 1.5-16 et 1.5-17 montrent des exemples qui illustrent les différentes situations.

Tableau 1.5-16 Maintien de la classification – Première vérification

Inspecteur	Année de la formation	Année			Vérification du maintien	Examen de maintien si nécessaire	Échéance de la classification s'il y a lieu
		1	2	3			
Inspecteur 1	2008	2008 + 2009	2010	2011	1 ^{er} janvier 2012	Février 2012	31 mars 2012
Inspecteur 2	2012	2012 + 2013	2014	2015	1 ^{er} janvier 2016	Février 2016	31 mars 2016

Tableau 1.5-17 Maintien de la classification – Deuxième vérification et les suivantes

Inspecteur	Cas ⁽¹⁾	Année			Vérification du maintien	Examen de maintien si nécessaire
		1	2	3		
Inspecteur 1	1	2010	2011	2012	1 ^{er} janv. 2013	Février 2013
Inspecteur 1	2	2012	2013	2014	1 ^{er} janv. 2015	Février 2015
Inspecteur 1	3	2012 + 2013	2014	2015	1 ^{er} janv. 2016	Février 2016

1. Cas 1 : L'inspecteur a accumulé les 10 000 m² lors de la vérification du 1^{er} janvier 2012.

Cas 2 : L'inspecteur n'a pas accumulé les 10 000 m² lors de la vérification du 1^{er} janvier 2012, mais il a réussi l'examen de maintien.

Cas 3 : L'inspecteur n'a pas accumulé les 10 000 m² lors de la vérification du 1^{er} janvier 2012, mais il a réussi de nouveau la formation complète.

1.6 LE DÉROULEMENT DE L'INSPECTION

1.6.1 La préparation de l'inspection

Pour préparer son inspection, il est important que l'inspecteur :

- consulte les plans de la structure afin de se familiariser avec les détails de conception et de construction;
- révise les informations pertinentes au dossier de la structure, étudie le rapport de l'inspection précédente et prend note des travaux de réparation déjà effectués;

- prépare les fiches d'inspection nécessaires lorsque le type d'inspection l'exige. Les fiches d'inspection générale sont générées automatiquement par le système de gestion des structures;
- prévoit l'équipement courant d'inspection, l'équipement de protection individuelle, l'équipement d'accès ainsi que les dispositifs de signalisation, s'il y a lieu, les véhicules et le personnel requis pour réaliser l'inspection;
- obtenir les instructions relatives au travail en espace clos si une partie de la structure est considérée comme telle;
- s'assure que la structure sera nettoyée avant l'inspection, lorsque requis;
- obtienne les autorisations nécessaires de la compagnie de chemin de fer lorsque la structure à inspecter est située au-dessus d'une voie ferrée et que des équipements spéciaux d'inspection, tels que la nacelle ou la passerelle motorisée, doivent être utilisés au-dessus de cette voie.

L'équipement courant d'inspection

L'inspecteur devrait pouvoir disposer de l'équipement suivant :

- des fiches d'inspection;
- du *Manuel d'inspection des structures*;
- du *Matériel d'inspection des structures*;
- de crayons et d'un carnet sur support rigide;
- des feuilles de papier supplémentaires pour les croquis à réaliser;
- d'une calculatrice;
- d'un thermomètre;
- de la craie et de crayons à encre indélébile;
- d'un ruban à mesurer ou d'un lasermètre;
- d'un pied à coulisse ou d'un appareil de mesure d'épaisseur à ultrason;
- d'un marteau de géologue;
- d'une lampe frontale ou de poche;
- d'une brosse métallique;
- d'une petite pelle;
- d'un fissuromètre du Ministère;
- d'un appareil photo numérique permettant de photographier dans des endroits de faible luminosité.

Il est possible de se procurer les fissuromètres du Ministère via le site Internet des Publications du Québec ou en communiquant avec celles-ci. Les coordonnées des Publications du Québec sont les suivantes :

Les Publications du Québec
1000, route de l'Église, 5^e étage
Québec (Québec) G1V 3V9
Téléphone : 1 800 463-2100 (sans frais au Québec) ou 418 643-5150
publicationsduquebec@cspq.gouv.qc.ca
<https://www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/cspq/>

L'équipement de protection individuelle

Les informations concernant ce type d'équipement se trouvent au chapitre 14 « Sécurité lors des inspections » du présent manuel.

L'équipement d'accès

L'équipement d'accès nécessaire à l'inspection est particulier à chaque structure. L'équipement le plus approprié doit donc être déterminé lors de la planification de l'inspection. Il peut s'agir, par exemple, d'une échelle, d'une embarcation, d'une passerelle ou d'une nacelle.

1.6.2 La validation des données d'inventaire

Dans le but de s'assurer que les données d'inventaire contenues dans le système de gestion des structures représentent bien la réalité, ces données doivent être validées par l'équipe d'inspection générale.

Lors de la première inspection générale, les données contenues sur la fiche d'inventaire détaillée doivent être validées. Les inspecteurs doivent vérifier plus particulièrement les données énumérées ci-dessous :

- le type de structure;
- le nom officiel de la route (indiqué sur place);
- l'année de construction du système structural;
- l'année de construction du platelage;
- l'affichage sur place;
- la largeur hors tout;
- la largeur carrossable;
- la longueur de la travée;

- la longueur du tablier;
- le type de service public, s'il y a lieu;
- le dégagement (hauteurs libres);
- le type de structure par travée;
- le nombre de poutres par travée;
- le type de platelage par travée;
- la surface de roulement par travée;
- la présence d'une piste cyclable et d'un trottoir, s'il y a lieu;
- le type et le modèle des dispositifs de retenue;
- les dimensions des divers éléments de la structure.

Les données vérifiées lors de l'inspection générale doivent être dûment indiquées sur la fiche d'inventaire détaillée. L'un des inspecteurs doit la signer. Cette fiche d'inventaire doit être versée au dossier.

Lors des inspections générales subséquentes, seulement certaines données inscrites sur la fiche d'inventaire abrégée doivent être validées par les inspecteurs. Ceux-ci doivent vérifier plus particulièrement les données énumérées ci-dessous, puisqu'elles sont plus sujettes à changement :

- l'affichage sur place;
- la largeur hors tout;
- la largeur carrossable;
- la présence d'une piste cyclable et d'un trottoir, s'il y a lieu.

Il n'est pas nécessaire de signer ni de conserver la fiche d'inventaire abrégée dans le dossier de la structure. Cependant, à partir du moment où une différence est notée entre les données contenues dans la fiche d'inventaire abrégée et les données observées sur place, c'est à l'ingénieur responsable des structures de la direction territoriale de juger si l'inventaire complet de la structure doit être refait.

1.6.3 Le déroulement de l'inspection

L'inspection devrait se dérouler d'une manière systématique. Il est suggéré de procéder en commençant par le dessous de la structure, lorsqu'il s'agit d'un pont, pour finir sur le dessus du tablier.

L'inspecteur doit :

- noter la date et le nom des personnes présentes;
- noter la température ambiante (en °C);
- noter les équipements d'inspection utilisés;
- valider les données d'inventaire;
- inspecter chacun des éléments visés par le type d'inspection et prendre note de l'ampleur des défauts détectés sur chacun d'eux;
- prendre des photographies faisant voir l'ensemble de la structure (p. ex., le dessus, le profil, le dessous) et d'autres montrant les défauts observés. Chaque photographie doit être clairement associée aux éléments de la structure;
- produire les croquis, si nécessaire, montrant les éléments endommagés et l'ampleur des défauts observés;
- saisir les données dans le système GSQ;
- produire le rapport d'inspection propre au type d'inspection.

Il est à noter que les données de l'inspection générale, y compris les photos, doivent être saisies dans le système de gestion des structures GSQ au plus tard **six semaines** après que l'inspection a été réalisée.

1.7 LA FINALISATION DE L'INSPECTION

1.7.1 Les rapports d'inspection

Un rapport d'inspection doit être produit pour tous les types d'inspection sauf pour l'inspection annuelle. **Chaque rapport doit être signé par l'ingénieur responsable de l'inspection**, numérisé et conservé au dossier numérique de la structure durant toute la durée de vie de l'ouvrage.

En ce qui concerne l'inspection annuelle, l'ingénieur responsable de l'inspection doit signer la fiche d'inspection, la numériser et la conserver au dossier numérique de la structure durant toute la durée de vie de l'ouvrage.

La signature électronique est exigée pour la signature des documents.

De plus, afin de faciliter la consultation des documents par les différents intervenants, un hyperlien vers le dossier unique GID — Ouvrages d'art doit être créé dans le système GSQ, au niveau de l'écran « Suivi des documents » pour les documents ci-dessous :

- le rapport d'inspection sous-marine;

- le rapport d'inspection spéciale;
- le rapport d'inspection d'affouillement;
- le rapport d'inspection d'observation;
- le rapport d'essai non destructif sur l'acier;
- l'avis de fissuration du béton.

1.7.2 La fermeture d'une inspection

La fermeture d'une inspection est une opération qui permet de conserver en historique les inspections réalisées dans le système de gestion des structures GSQ. Les inspections suivantes font l'objet d'une fermeture :

- l'inspection générale;
- l'inspection annuelle;
- l'inspection sous-marine;
- l'inspection spéciale;
- l'inspection d'affouillement;
- l'inspection d'observation;
- l'essai non destructif sur l'acier.

1.7.2.1 L'inspection générale

La fermeture d'une inspection générale est d'abord une opération réalisée par le système informatique, qui consiste à effectuer une série de vérifications sur les données enregistrées dans le système afin de s'assurer qu'elles sont complètes. Les éléments suivants sont validés par le système GSQ :

- toutes les valeurs requises par le système d'évaluation de l'état (l'état du matériau et la cote d'évaluation du comportement);
- les commentaires lorsque ceux-ci sont recommandés;
- les activités d'entretien et de réparation lorsque cela est requis;
- la qualification minimale des inspecteurs en fonction du niveau de la structure.

La fermeture de l'inspection est également l'occasion de vérifier si des actions doivent être entreprises à la suite de l'inspection et, par conséquent, elle doit être effectuée par un inspecteur de classe A2 ou A1 de la direction territoriale.

Cette opération de fermeture fait en sorte que toutes les données d'une inspection générale sont conservées en historique dans le système, sans possibilité de modification ultérieure, et ce, durant toute la durée de vie de l'ouvrage.

Le système GSQ permet à l'inspecteur, à la fin de la saisie de toutes les données, d'effectuer une simulation de la fermeture d'une inspection. Cette simulation génère les avertissements et les erreurs qui seraient obtenues lors de la fermeture officielle de l'inspection. À ce moment, l'inspecteur peut corriger les erreurs et, au besoin, les avertissements.

À la suite de la fermeture définitive d'une inspection générale, une copie de cette inspection est créée et nommée « inspection générale partielle ». Ce sont alors les données qui se trouvent dans cette inspection générale partielle qui sont mises à jour si nécessaire, et ce, jusqu'à la prochaine inspection générale.

Les données qui se trouvent dans l'inspection générale partielle sont celles utilisées par les différents intervenants, dans les directions territoriales et à la Direction des structures, dans le cadre de leur travail quotidien.

Lors de la fermeture de l'inspection générale, les indices de gestion sont recalculés, la planification des inspections est remise à jour (fréquence calculée, année de la prochaine inspection) et les superficies réalisées en mètres carrés sont compilées au dossier de chacun des inspecteurs concernés.

Il est recommandé que la fermeture de l'inspection générale soit effectuée dans un délai de **quatre semaines** suivant la saisie des données de l'inspection générale.

Il est important de noter que l'ingénieur qui effectue la fermeture d'une inspection générale n'est pas responsable de l'exactitude des données d'inspection qui ont été recueillies sur le terrain. Cette responsabilité incombe à l'ingénieur responsable de l'inspection. C'est d'ailleurs ce dernier qui doit signer le rapport d'inspection générale.

L'ingénieur responsable de la fermeture d'une inspection n'a pas à signer le rapport d'inspection générale à moins qu'il soit également l'ingénieur responsable de l'inspection.

Par contre, advenant le cas où une action devrait être entreprise à la suite de cette inspection, l'ingénieur responsable de la fermeture devrait prendre les mesures appropriées, selon les constatations ou les recommandations.

1.7.2.2 L'inspection annuelle

La fermeture d'une inspection annuelle consiste à enregistrer les informations suivantes dans le système de gestion :

- le nom des inspecteurs;
- le nom de l'ingénieur responsable de l'inspection;
- la date de l'inspection.

La fermeture d'une inspection annuelle peut être réalisée par un inspecteur de classe B2 ou B1, sous la supervision d'un inspecteur de classe A2 ou A1.

1.7.2.3 Les autres types d'inspection

Pour les autres types d'inspection (sous-marine, spéciale, affouillement, observation, essai non destructif sur l'acier), la fermeture consiste à enregistrer les informations suivantes dans le système de gestion GSQ :

- le nom des inspecteurs;
- le nom de l'ingénieur responsable de l'inspection;
- la date de l'inspection.

La fermeture doit être réalisée par un inspecteur de classe A2 ou A1, comme c'est le cas pour la fermeture d'une inspection générale.

1.7.3 La mise à jour des données

Les données d'inventaire doivent être mises à jour lorsqu'il y a une modification apportée à la structure, soit par des travaux d'entretien, de réparation ou tout autre changement.

De plus, une mise à jour de l'inspection générale peut être nécessaire à la suite d'une inspection (annuelle, sous-marine, spéciale, affouillement, observation, essai non destructif sur l'acier), d'une évaluation de la capacité portante, d'un avis technique sur la fissuration du béton ou de tout autre changement survenu à un élément de la structure, comme à la suite d'une réparation ou d'un renforcement.

La mise à jour des données de l'inspection générale doit être réalisée le plus rapidement après la constatation de la modification de l'état de la structure, qu'il s'agisse d'une amélioration ou d'une dégradation.

Lors de la mise à jour, un commentaire sur l'élément concerné par la modification doit être inscrit dans le système GSQ, indiquant la raison de la mise à jour et référant au document ou aux travaux en question.

CHAPITRE 2

ANALYSE DES STRUCTURES

TABLE DES MATIÈRES

2.1	GÉNÉRALITÉS	2-1
2.2	LES CHARGES	2-1
2.2.1	La charge permanente	2-1
2.2.2	La surcharge routière	2-1
2.2.3	Les autres charges	2-1
2.3	LES EFFORTS	2-3
2.3.1	L'effort axial	2-3
2.3.2	Le moment fléchissant	2-4
2.3.3	L'effort tranchant	2-8
2.3.4	La torsion	2-8
2.4	LA RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX	2-9
2.4.1	Les types de rupture	2-9
2.4.2	Le béton armé	2-10
2.4.3	Le béton précontraint	2-15
2.4.4	L'acier	2-17
2.4.5	Le bois	2-27

FIGURES

Figure 2.3-1	Effort axial de traction	2-3
Figure 2.3-2	Effort axial de compression	2-4
Figure 2.3-3	Lignes d'isocontraintes principales et contraintes principales dues au moment fléchissant d'une poutre sur deux appuis	2-6
Figure 2.3-4	Lignes d'isocontraintes principales et contraintes principales dues au moment fléchissant d'une poutre sur trois appuis	2-7
Figure 2.3-5	Contraintes de cisaillement causées par l'effort tranchant	2-8

Figure 2.3-6	Contraintes de cisaillement causées par l'effort de torsion	2-9
Figure 2.4-1	Courbe contrainte – déformation du béton	2-10
Figure 2.4-2	Principe du béton armé	2-11
Figure 2.4-3	Rupture ductile	2-12
Figure 2.4-4	Fissuration type d'une poutre en béton armé	2-12
Figure 2.4-5	Analogie du treillis en plan pour l'effort tranchant	2-13
Figure 2.4-6	Rupture par compression horizontale	2-13
Figure 2.4-7	Rupture par flambement oblique	2-14
Figure 2.4-8	Analogie du treillis spatial pour la torsion	2-15
Figure 2.4-9	Courbe contrainte – déformation de l'acier de précontrainte	2-17
Figure 2.4-10	Courbe contrainte – déformation de l'acier	2-18
Figure 2.4-11	Voilement d'une pièce en flexion	2-20
Figure 2.4-12	Déversement d'une pièce en flexion	2-21
Figure 2.4-13	Supports latéraux	2-22
Figure 2.4-14	Zones propices à la fissuration	2-25
Figure 2.4-15	Effort de compression dans le bois	2-27
Figure 2.4-16	Effort de traction dans le bois	2-28
Figure 2.4-17	Effort de flexion dans le bois	2-28
Figure 2.4-18	Effort de cisaillement dans le bois	2-29
Figure 2.4-19	Effort de torsion dans le bois	2-29

2.1 GÉNÉRALITÉS

Dans le cadre de son travail, l'inspecteur doit détecter les défauts affectant les éléments d'une structure et juger de leur impact sur la stabilité et la capacité portante de celle-ci. Pour y arriver, il doit posséder certaines notions d'analyse structurale et de résistance des matériaux. Le présent chapitre se veut donc un survol des différents types de charges sollicitant les structures, des divers efforts engendrés par ces charges et des notions générales sur la résistance des matériaux.

2.2 LES CHARGES

Plusieurs charges sollicitent une structure durant sa vie utile dont principalement la charge permanente et la surcharge routière.

2.2.1 La charge permanente

La charge permanente comprend le poids propre des éléments de la charpente et toutes les charges permanentes supplémentaires qui peuvent s'ajouter durant la vie de l'ouvrage, tels les trottoirs, les chasse-roues, les dispositifs de retenue et le revêtement de la surface de roulement.

2.2.2 La surcharge routière

Les structures doivent également supporter les charges causées par les véhicules qui y circulent. L'effet dynamique de la surcharge routière est repris de façon statique par une augmentation de la surcharge. Dans certains cas, l'impact engendré par l'effet dynamique peut augmenter jusqu'à 40 % la surcharge routière.

2.2.3 Les autres charges

Bien que la charge permanente et la surcharge routière soient les principales charges qui agissent sur un pont, d'autres charges sollicitent les structures :

- le freinage;
- le vent;
- la neige;
- les effets thermiques;
- la glace;
- le courant et la pression hydrostatique;
- les séismes;
- la pression des terres.

2.2.3.1 Le freinage

La force de freinage est causée par la friction entre les pneus d'un véhicule et la chaussée du pont. Lorsqu'un véhicule circule sur une structure et freine, il occasionne des efforts longitudinaux, en plus des efforts verticaux dus au poids des véhicules.

2.2.3.2 Le vent

Les charges de vent sont celles produites par la pression du vent appliquée perpendiculairement à l'axe longitudinal du pont sur toutes les surfaces des 7 éléments du pont (poutre, dalle, dispositifs de retenue, etc.), y compris celles des véhicules.

2.2.3.3 La neige

Les charges de neige sont considérées lorsque le pont est fermé à la circulation durant l'hiver ou pour tenir compte des opérations de déblaiement de la structure.

2.2.3.4 Les effets thermiques

Les changements de température causent la dilatation ou la contraction du tablier et des gradients de température à travers l'ossature.

2.2.3.5 La glace

Les forces exercées par les glaces sur les piles du pont peuvent être causées par la glace entraînée par le courant, par un embâcle, par des variations de température ou par des variations rapides du niveau d'eau.

2.2.3.6 Le courant et la pression hydrostatique

Les forces induites par le courant varient selon la forme et la localisation de la pile et sont fonction de la vitesse du courant. De même, la pression hydrostatique exercée sur toutes les parties submergées de la structure doit être considérée.

2.2.3.7 Les séismes

Les forces sismiques sont celles causées par un tremblement de terre. Les efforts induits dépendent principalement de la localisation et du type de pont, du type de fondation et du poids de l'ossature.

2.2.3.8 La pression des terres

Les forces engendrées par la pression des terres interviennent principalement au niveau des unités de fondation de pont (culée et pile) et des murs de soutènement.

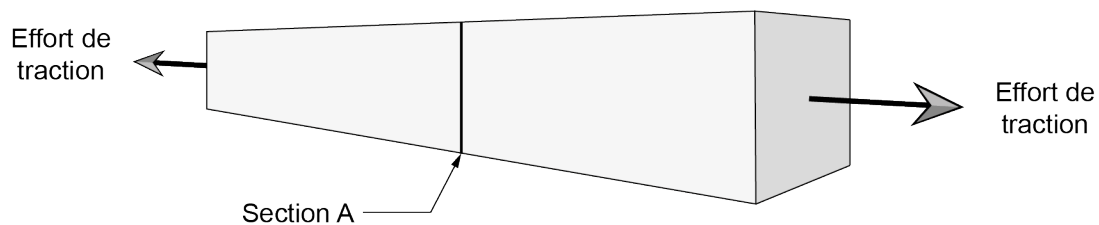
2.3 LES EFFORTS

Essentiellement, quatre types d'efforts peuvent solliciter un élément structural : l'effort axial, le moment fléchissant, l'effort tranchant et la torsion.

2.3.1 L'effort axial

L'effort axial agit essentiellement dans la direction de l'axe longitudinal d'une pièce. Cet effort peut être de la traction ou de la compression (figures 2.3-1 et 2.3-2).

La traction tend à étirer le matériau contrairement à la compression qui tend à l'écraser. Les contraintes engendrées par l'effort axial sont constantes sur toute la section de la pièce.



Élément tendu uniformément

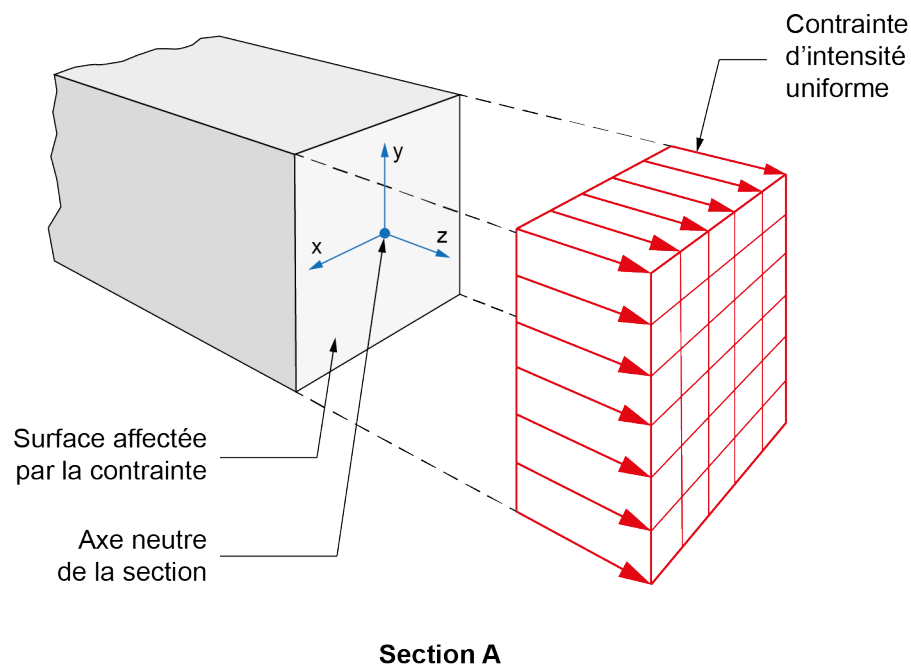
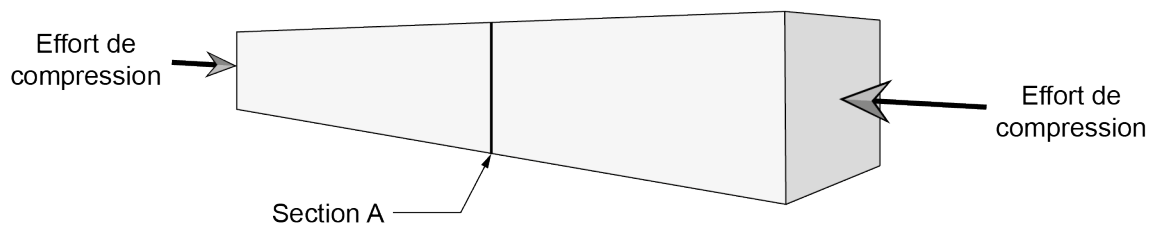


Figure 2.3-1 Effort axial de traction



Élément comprimé uniformément

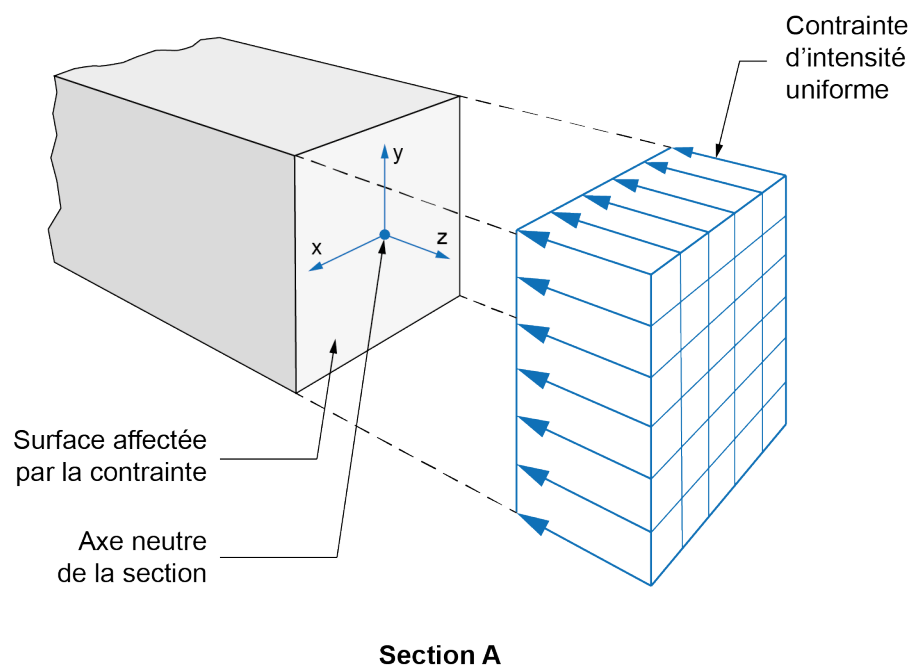


Figure 2.3-2 Effort axial de compression

2.3.2 Le moment fléchissant

Lorsqu'une pièce est chargée perpendiculairement à son axe longitudinal, elle tend à fléchir. L'effort interne ainsi créé est appelé moment fléchissant. Cet effort induit sur la section de la pièce des contraintes axiales qui varient en intensité sur sa hauteur. Ainsi, pour une pièce qui est simplement appuyée aux extrémités et chargée perpendiculairement à son axe longitudinal, le haut de la section est soumis à des contraintes axiales de compression et inversement, le bas de la section est soumis à des contraintes axiales de traction (figure 2.3-3). Par convention, on dit alors que le moment fléchissant est positif.

L'intensité de ces contraintes axiales diminue à mesure que l'on se rapproche du centre de gravité de la section et elles changent de sens à l'axe neutre où les contraintes axiales sont nulles. La zone proche de l'axe neutre est donc soumise à des contraintes minimales et les deux extrémités de la section sont soumises à des contraintes maximales qui sont de sens opposés, soit la compression et la traction (figure 2.3-3).

Pour une pièce chargée de la même façon, mais appuyée sur trois appuis, le même principe s'applique sauf que le sens des contraintes est inversé au-dessus de l'appui central où le moment fléchissant est négatif. Ainsi, le bas de la section est tendu au milieu des portées et comprimé au-dessus de l'appui central. De même, le haut de la section est comprimé au milieu des portées et tendu au-dessus de l'appui central. La figure 2.3-4 montre le cheminement des contraintes de compression et de traction le long de la pièce et la figure 2.3-4 indique leur intensité. On remarque qu'il existe une zone, de part et d'autre de l'appui central, où le moment fléchissant change de sens; cette zone où le moment fléchissant devient nul s'appelle le point d'inflexion.

Les deux exemples qui sont présentés ci-dessus sont très courants. Il existe beaucoup d'autres cas particuliers, mais les principes généraux énoncés plus tôt sont toujours valables.

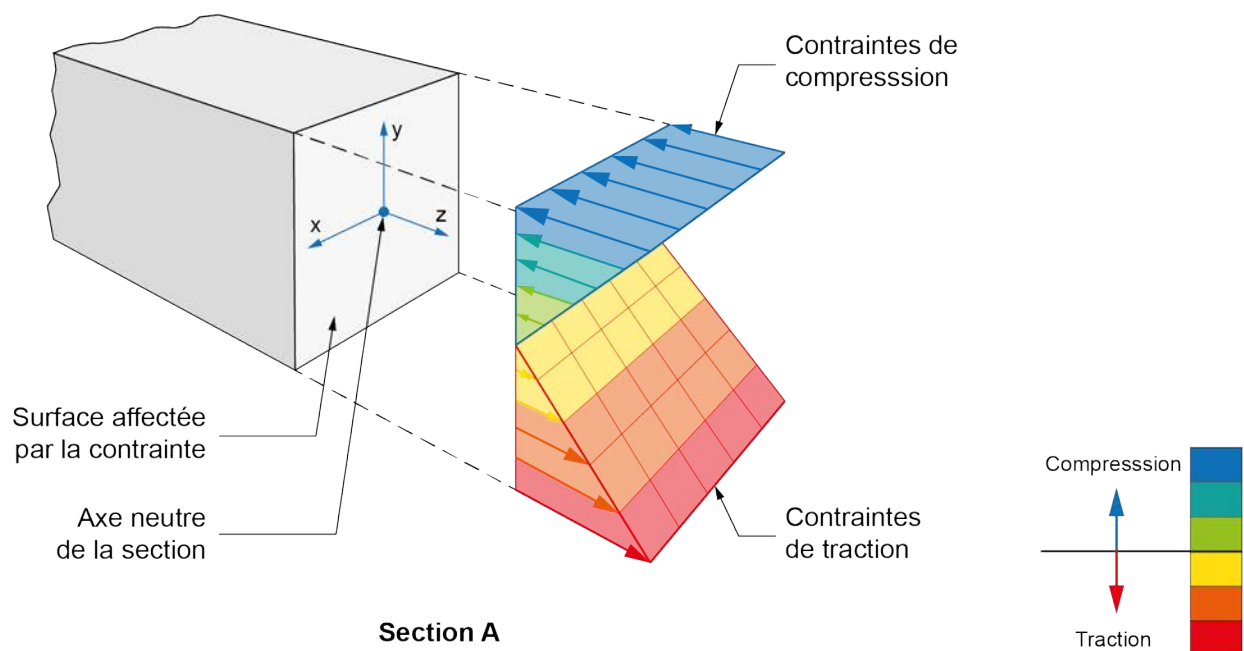
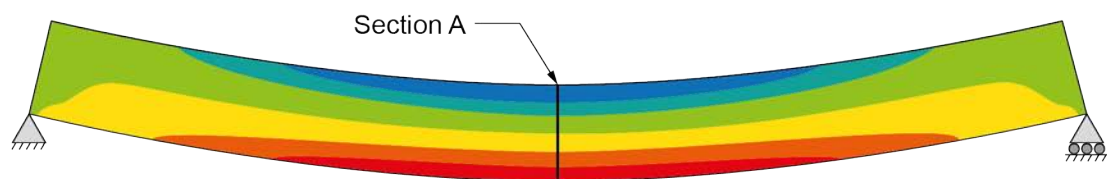
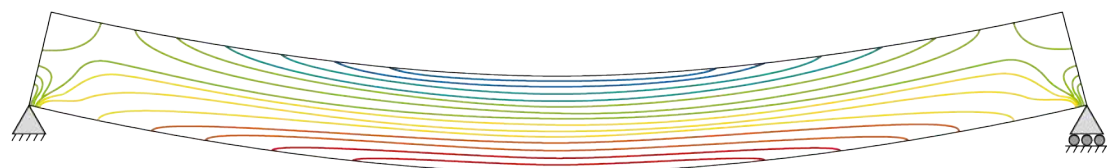
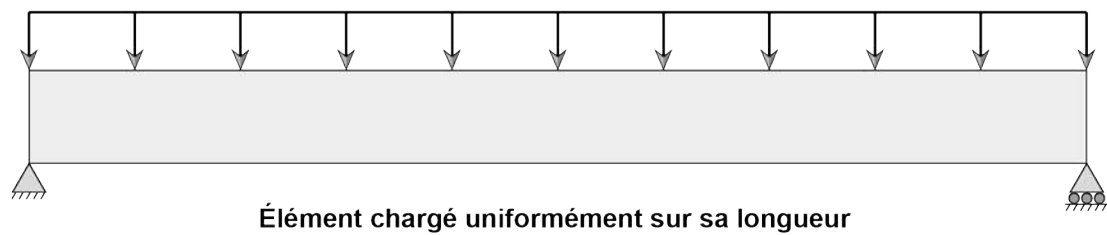


Figure 2.3-3 Lignes d'isocontraintes principales et contraintes principales dues au moment fléchissant d'une poutre sur appuis simples

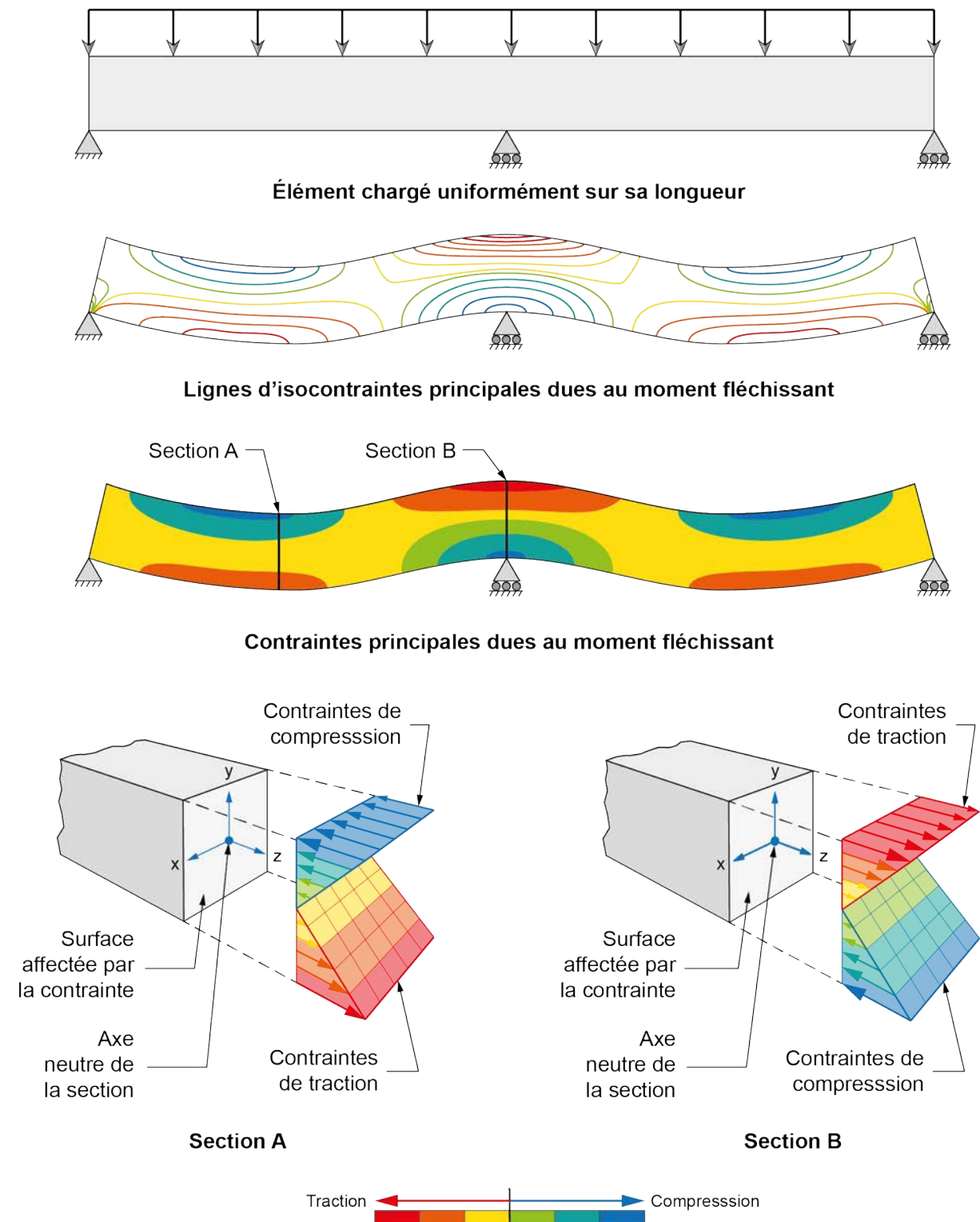


Figure 2.3-4 Lignes d'isocontraintes principales et contraintes principales dues au moment fléchissant d'une poutre continue au-dessus d'un appui

2.3.3 L'effort tranchant

Une pièce fléchie subit généralement un autre effort appelé « effort tranchant » ou cisaillement.

L'effort tranchant est un effort qui agit perpendiculairement à l'axe longitudinal d'une pièce. Cet effort tend à cisailer une section d'un élément structural par rapport à la section adjacente. Les contraintes induites par cet effort sont parallèles à cette section, maximales à l'axe neutre et nulles aux extrémités (figure 2.3-5).

Il est important de noter que les efforts tranchants maximaux se situent généralement près des appuis des pièces fléchies.

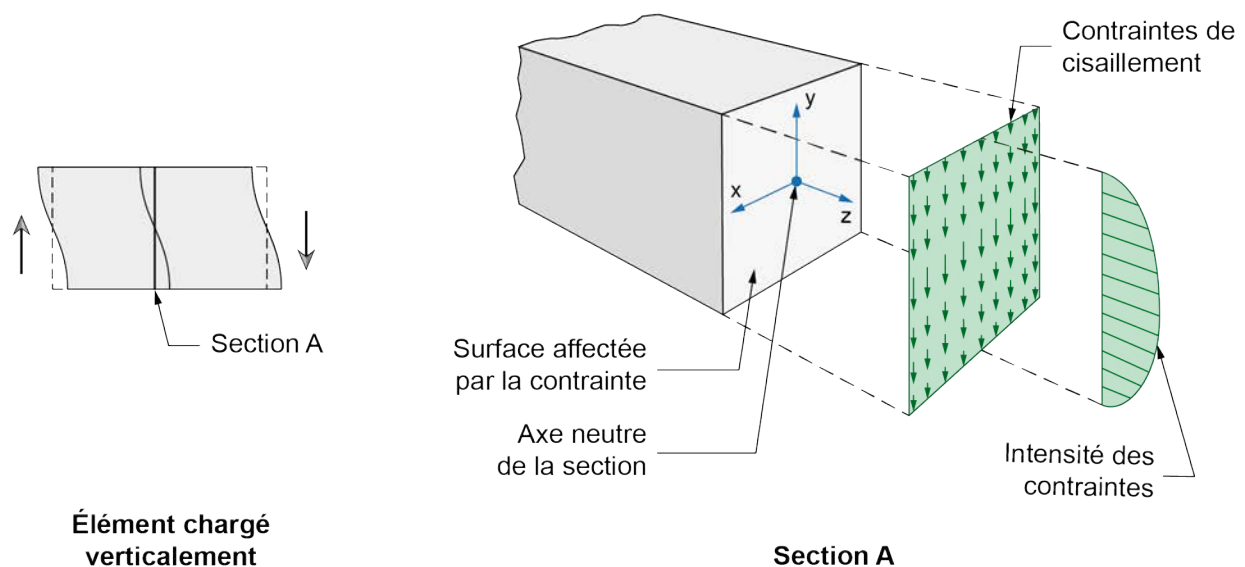


Figure 2.3-5 Contraintes de cisaillement causées par l'effort tranchant

2.3.4 La torsion

La torsion est un effort qui cisaille une section, autour de l'axe longitudinal de la pièce, par rapport à la section adjacente. Les contraintes de cisaillement induites par cet effort sont parallèles à la section, maximales sur son pourtour et nulles au centre (figure 2.3-6). L'effort de torsion est un effort peu courant dans les structures.

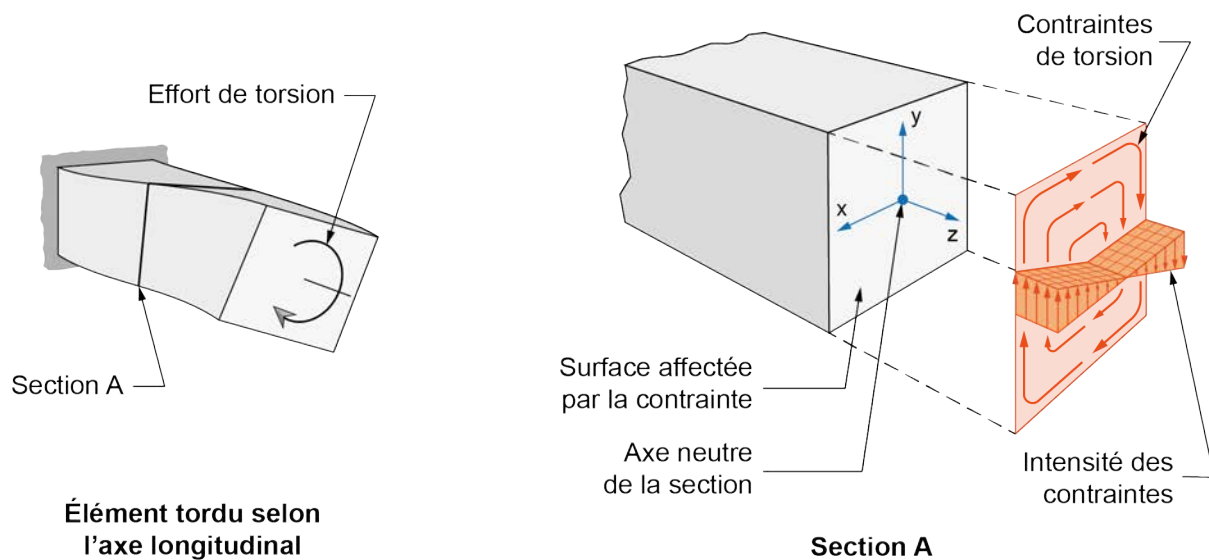


Figure 2.3-6 Contraintes de cisaillement causées par l'effort de torsion

2.4 LA RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

2.4.1 Les types de rupture

La capacité d'un élément structural à résister aux efforts et aux contraintes dépend de ses caractéristiques géométriques et des matériaux qui le composent.

Deux grandes propriétés physiques caractérisent les matériaux : la ductilité et la fragilité. La ductilité d'un matériau se définit comme étant sa capacité à subir de grandes déformations avant la rupture. Inversement, on dira d'un matériau qu'il est fragile s'il subit peu ou pas de déformation avant la rupture.

La rupture ductile est donc la plus souhaitable, puisqu'elle permet à l'élément de se déformer considérablement avant la rupture et donc de montrer des signes visibles lors des inspections. Par contre, la rupture fragile est indésirable puisqu'elle survient sans avertissement.

Un autre type de rupture peut également survenir. Il s'agit de la rupture par fatigue. Lors de l'application répétée de charges qui produisent des contraintes de traction, des microfissures peuvent s'amorcer dans le matériau et se propager à travers toute la section, ce qui conduit à la rupture par fatigue.

Les sections suivantes traitent de la résistance des matériaux les plus utilisés dans la construction des ponts, soit le béton armé, le béton précontraint, l'acier et le bois.

2.4.2 Le béton armé

2.4.2.1 La résistance en compression

Le béton possède une grande résistance à la compression. C'est sa propriété fondamentale. Cependant, lorsque la contrainte dans le béton atteint la valeur de sa résistance à la compression, f'_c , comme montré sur la courbe de contrainte-déformation à la figure 2.4-1, la rupture en compression du béton survient. Cette rupture est soudaine et laisse peu d'avertissements.

Quant à résistance du béton à la traction, f'_t , celle-ci est très faible. D'ailleurs, lors de la conception des structures, la résistance à la traction du béton est souvent négligée et on ne considère que la résistance en compression du béton.

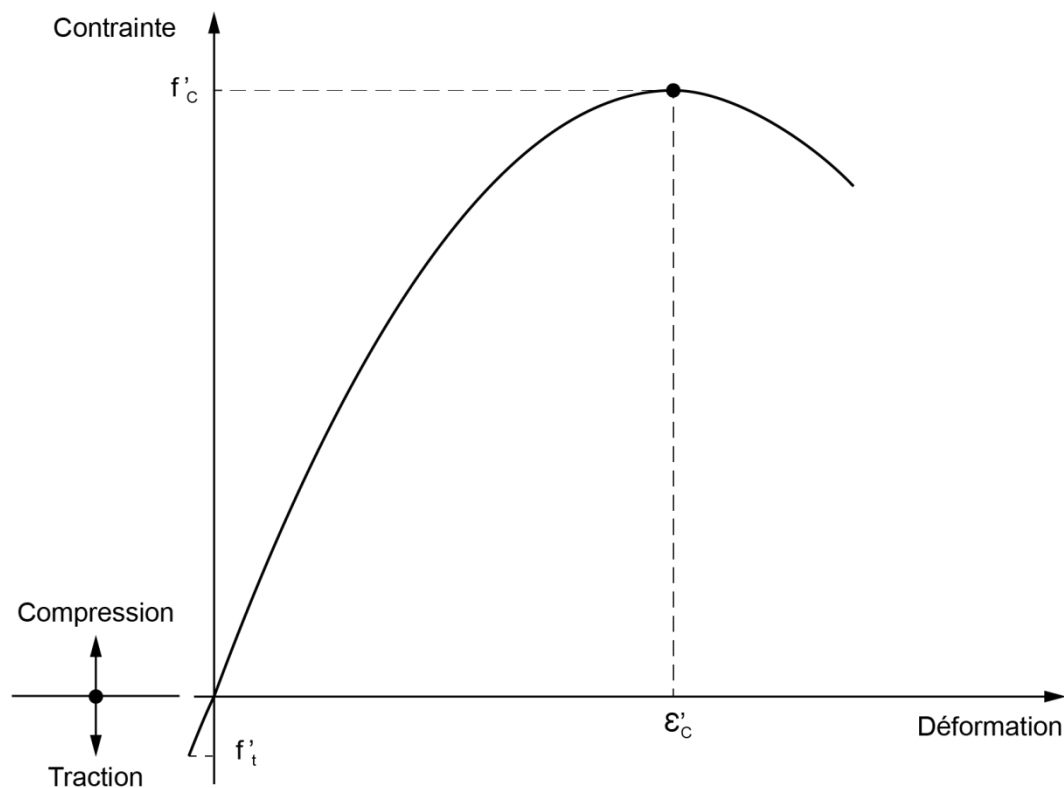


Figure 2.4-1 Courbe contrainte – déformation du béton

2.4.2.2 La résistance en flexion

Comme il a été présenté à la section 2.3.2, l'effort de flexion induit des contraintes de compression et de traction. Puisque le béton est un matériau de faible résistance à la traction, des fissures apparaissent dans les zones tendues. Des barres d'armature sont alors utilisées dans ces zones afin de reprendre l'effort de traction. Le béton armé est donc un matériau formé par l'association de béton et de barres d'armature disposées de façon à utiliser au mieux les propriétés respectives de chacun (figure 2.4-2).

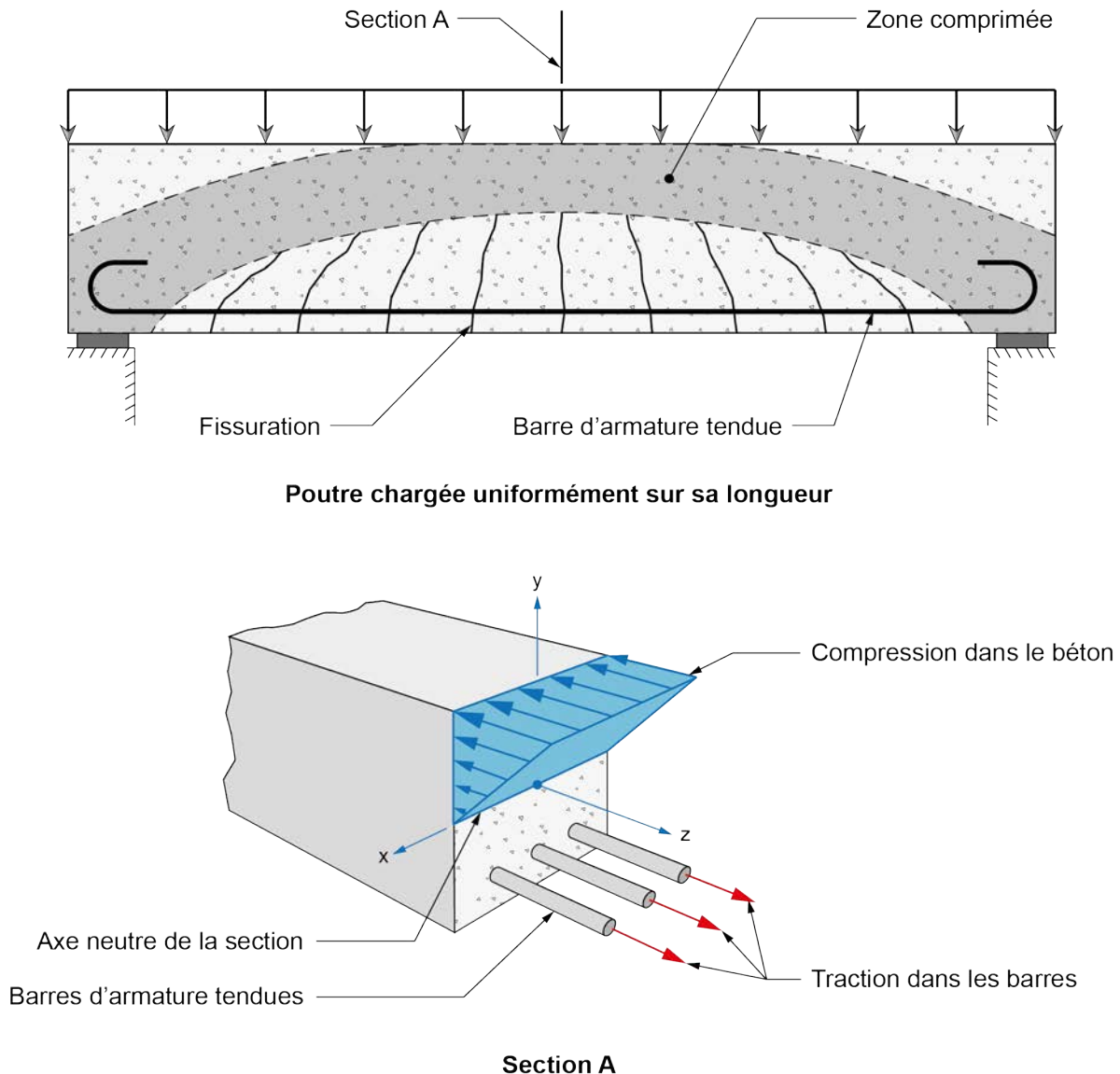


Figure 2.4-2 Principe du béton armé

Lors de la conception, la pièce en béton armé est dimensionnée de telle sorte que sa rupture en flexion survienne après une grande déformation. Cette déformation provoque l'écrasement du béton en compression. Avant que ne survienne cet écrasement, la rupture est prévisible, car la grande déformation de la pièce, reprise par les barres d'acier, sert d'avertissement. Il s'agit alors d'une rupture ductile (figure 2.4-3).

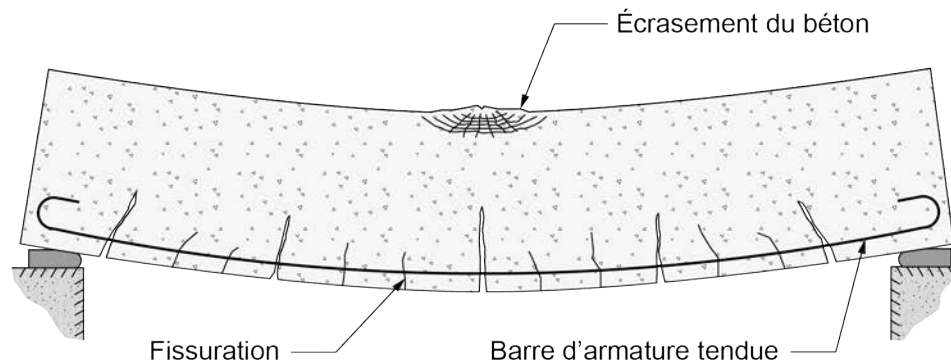


Figure 2.4-3 Rupture ductile

2.4.2.3 La résistance à l'effort tranchant et à la torsion

Comme mentionné à la section 2.3, l'effort de flexion engendre généralement un effort tranchant. La figure 2.4-4 montre l'état de fissuration d'une poutre soumise à de la flexion et à l'effort tranchant. Dans une poutre en béton armé, l'effort tranchant produit des contraintes de traction qui peuvent causer de la fissuration inclinée dans l'âme de la poutre. Pour limiter l'ouverture des fissures et reprendre les contraintes de traction, des armatures transversales à l'axe longitudinal de la poutre, aussi appelées étriers, sont utilisées.

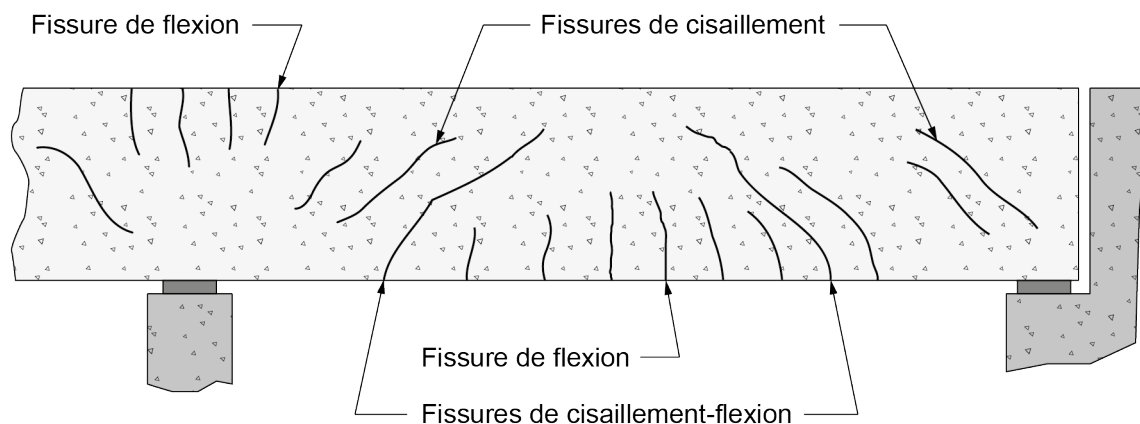


Figure 2.4-4 Fissuration type d'une poutre en béton armé

Une fois la fissuration produite au niveau de l'âme, la poutre en béton armé, toujours soumise à des efforts de flexion et de cisaillement, se comporte comme un treillis en plan (figure 2.4-5). Ce treillis comprend une membrure comprimée constituée de la zone en compression de la poutre et une membrure tendue constituée de la zone en traction. Ces deux membrures sont reliées par les armatures transversales et par des bielles en béton comprimées comprises entre les fissures obliques.

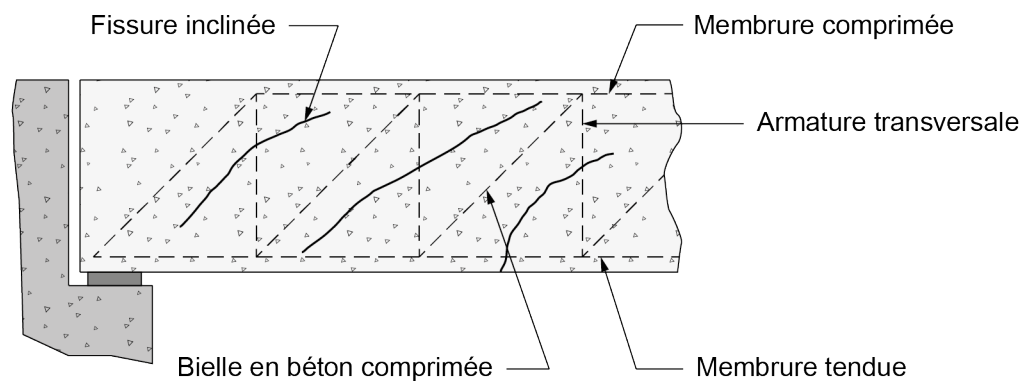


Figure 2.4-5 Analogie du treillis en plan pour l'effort tranchant

Lorsque les armatures sont en nombre insuffisant, la fissuration oblique de l'âme produit leur plastification. Les armatures sont alors incapables de s'opposer à l'ouverture des fissures et il se produit une rupture due à l'écrasement du béton qui fait suite à la plastification des étriers. Cette rupture par compression horizontale est caractérisée par une rotation de la poutre par rapport au sommet de la fissure la plus critique et produit l'écrasement du béton (figure 2.4-6).

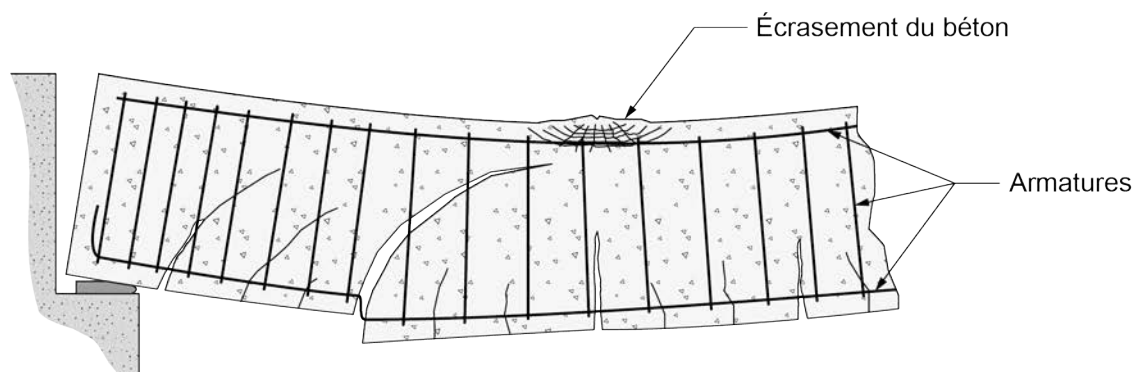


Figure 2.4-6 Rupture par compression horizontale

La quantité d'armatures transversales doit être suffisante pour qu'une rupture ductile en flexion se produise avant ou en même temps que la plastification des armatures transversales.

Une rupture par tension horizontale peut également survenir. Ce type de rupture est causé par une insuffisance de longueur de scellement des aciers longitudinaux qui croisent les fissures.

Il faut s'assurer également que les bielles en béton, délimitées par les fissures obliques, ne sont pas trop comprimées afin d'éviter qu'elles ne s'écrasent ou flambent avant la plastification des armatures transversales. Cette rupture par écrasement ou flambement oblique de l'âme, quoique très rare, survient surtout dans le cas des poutres à âme mince (figure 2.4-7).

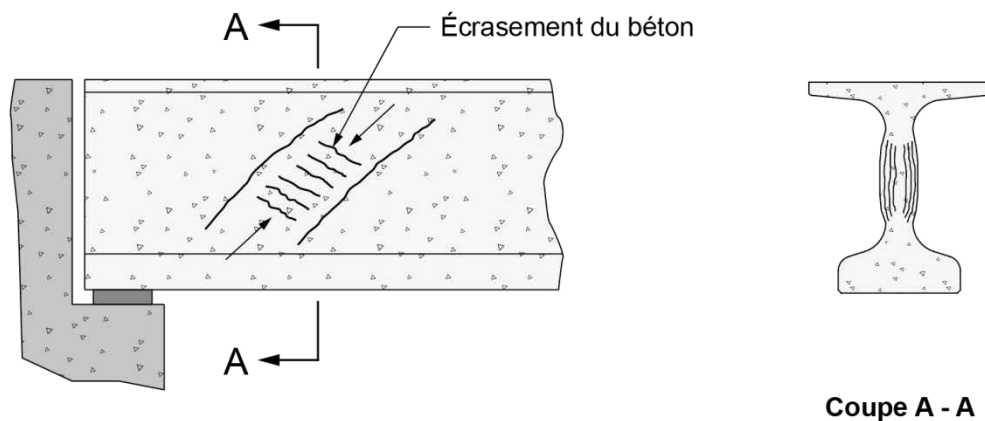


Figure 2.4-7 Rupture par flambement oblique

Dans le cas de la torsion, les fissures se développent sur toutes les faces de la pièce (figure 2.4-8), tel un treillis spatial. Pour éviter la rupture de la pièce, des armatures transversales sont également utilisées, mais cette fois-ci, les étriers doivent être fermés, car le cisaillement circule autour de la section.

En torsion pure, il y a trois types de rupture. D'abord, lorsque les armatures longitudinales et transversales se plastifient avant l'éclatement du béton, la rupture est qualifiée de ductile. Deuxièmement, la rupture est considérée comme partiellement ductile si l'un des deux types d'armatures se plastifie avant l'éclatement du béton. Finalement, dans le cas où la dislocation et l'écrasement du béton surviennent avant la plastification des armatures, la rupture est fragile.

La quantité d'armatures transversale doit donc être suffisante pour que le cisaillement dû à l'effort tranchant et à la torsion ne cause pas la rupture de la poutre avant la rupture ductile en flexion.

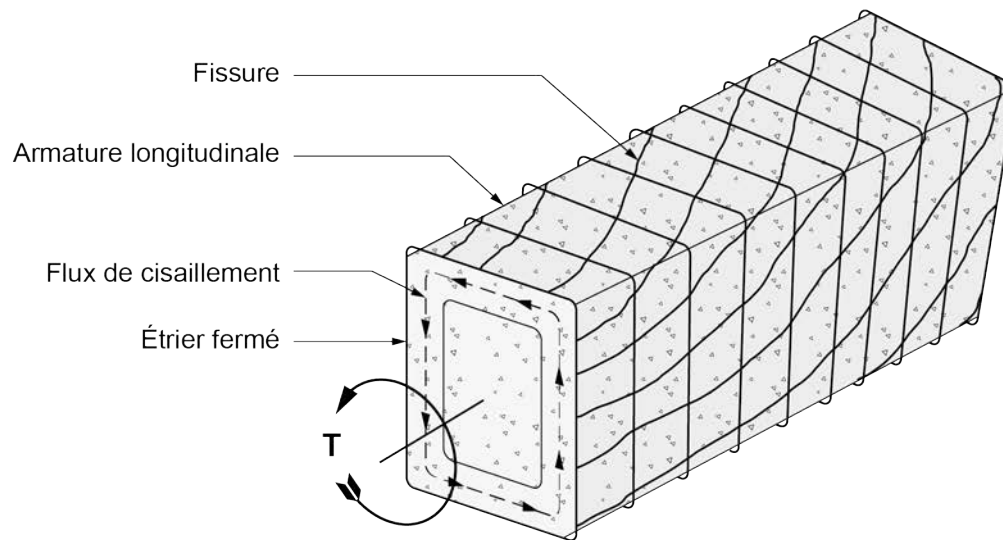


Figure 2.4-8 Analogie du treillis spatial pour la torsion

2.4.3 Le béton précontraint

2.4.3.1 Le principe de la précontrainte

La précontrainte est un traitement mécanique qui consiste à produire dans un élément structural, lors de sa construction, des contraintes inverses à celles produites par les charges qui le solliciteront. En effet, le béton est un matériau qui résiste bien à la compression, mais mal à la traction. La précontrainte consiste donc à créer des contraintes de compression permanentes dans les zones où les charges externes devraient engendrer des contraintes de traction.

Il existe deux méthodes pour comprimer le béton selon que cette mise en tension est faite avant ou après la coulée du béton. La précontrainte est appliquée soit par prétension ou par post-tension.

La précontrainte par prétension est réalisée à l'aide d'armatures à haute résistance tendues sur un banc de traction avant le bétonnage. La mise en tension de ces armatures est effectuée à l'aide de vérins prenant appui sur une butée. Lorsque l'allongement requis est atteint, l'acier de précontrainte est bloqué à l'aide d'ancrages. Ensuite, le béton est mis en place en contact direct avec les aciers de précontrainte dans des coffrages et, lorsqu'il a atteint une résistance suffisante, le transfert de la précontrainte est effectué en libérant les aciers de leurs ancres. Comme les armatures tendues ne sont pas libres de revenir à leur longueur initiale, l'effort se reporte par adhérence au béton.

Quant à la précontrainte par post-tension, elle est réalisée à l'aide de torons d'acier à haute résistance tendus après le bétonnage, lorsque le béton a suffisamment durci. Ces torons sont généralement placés à l'intérieur de la poutre, mais dans certains cas, ils peuvent être prévus à l'extérieur de la poutre, dès la conception ou lors d'un renforcement. Lorsque l'acier de précontrainte est prévu à l'intérieur de la poutre, des gaines étanches sont placées dans les coffrages afin d'isoler l'acier de précontrainte du béton et lui permettre de s'allonger librement. L'acier de précontrainte peut aussi être enfilé dans les gaines après le bétonnage de la pièce.

Lorsque la résistance du béton est suffisante, les armatures de précontrainte sont mises en tension à l'aide des vérins prenant appui sur le béton de la pièce à comprimer. Lorsque l'allongement requis est atteint, l'acier de précontrainte est bloqué à l'aide d'ancrages permanents. Par la suite, les gaines sont généralement injectées de coulis afin de protéger l'acier contre la corrosion.

Dans le cas du béton armé, la résistance aux charges est réalisée de façon passive en disposant de l'acier d'armature dans les zones tendues où le béton se fissure rapidement pour devenir inactif. On dit alors que le béton armé se comporte de façon hétérogène. Quant au béton précontraint, le traitement mécanique qui consiste à comprimer certaines zones peut être considéré comme une façon active de résister efficacement à la traction. La fissuration du béton étant ainsi retardée, la précontrainte transforme le béton en un matériau homogène et élastique devenant ainsi la propriété fondamentale du béton précontraint.

En fait, la théorie du béton précontraint est basée sur les trois principes fondamentaux suivants :

- la précontrainte transforme le béton en un matériau homogène et élastique;
- la compression dans le béton et la traction dans l'acier de précontrainte forment un couple de résistance interne équivalant au moment fléchissant produit par les charges appliquées;
- l'effet de la précontrainte équivaut à un chargement agissant dans le sens contraire de celui dû aux charges appliquées.

Pour conserver l'homogénéité de la pièce, il faut s'assurer qu'il n'y a pas formation de fissures dans les zones tendues ou de compression excessive dans les zones comprimées, au transfert de la précontrainte et sous les charges d'utilisation.

Il va de soi que les modes de rupture à l'ultime sous les efforts de flexion, de cisaillement ou de torsion sont les mêmes que dans le cas du béton armé, sauf que la rupture est atteinte sous des charges beaucoup plus élevées.

2.4.3.2 L'acier de précontrainte

Les aciers utilisés pour la précontrainte sont des aciers durs et ils possèdent une forte teneur en carbone. On trouve l'acier de précontrainte sous forme de fils, torons ou barres.

Une courbe contrainte-déformation caractéristique de l'acier de précontrainte est montrée à la figure 2.4-9. À noter que cette courbe ne présente pas de plateau plastique comme on trouve généralement dans les aciers ordinaires et que la portion entre la limite élastique (f_{py}) et la limite ultime (f_{pu}) représente la zone d'écrouissage garantissant un minimum de déformabilité avant la rupture et assurant ainsi une rupture ductile.

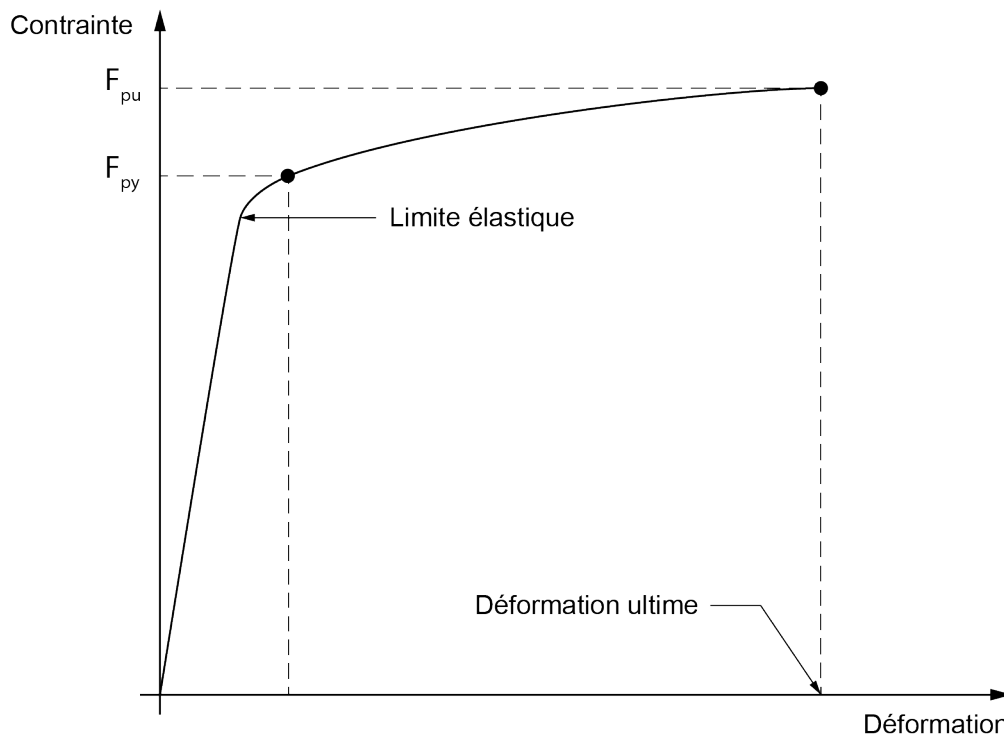


Figure 2.4-9 Courbe contrainte – déformation de l'acier de précontrainte

2.4.4 L'acier

2.4.4.1 Les propriétés mécaniques et chimiques

Il existe une gamme très variée de produits de l'acier : les profilés laminés (entre autres en forme de H, de C ou de L), les profilés reconstitués soudés, les tubes (ronds, carrés, rectangulaires), les palplanches, les tôles minces, les fils, les câbles, les boulons, les rivets, etc.

L'acier est le matériau qui présente la plus grande résistance pour la plus faible section. La ductilité est sa propriété fondamentale. Lors d'un essai de traction sur un échantillon d'acier, la courbe typique illustrant le rapport entre la contrainte appliquée et la déformation de l'échantillon telle que montrée à la figure 2.4-10 est obtenue. De cette courbe, trois types de comportement de l'acier peuvent être identifiés.

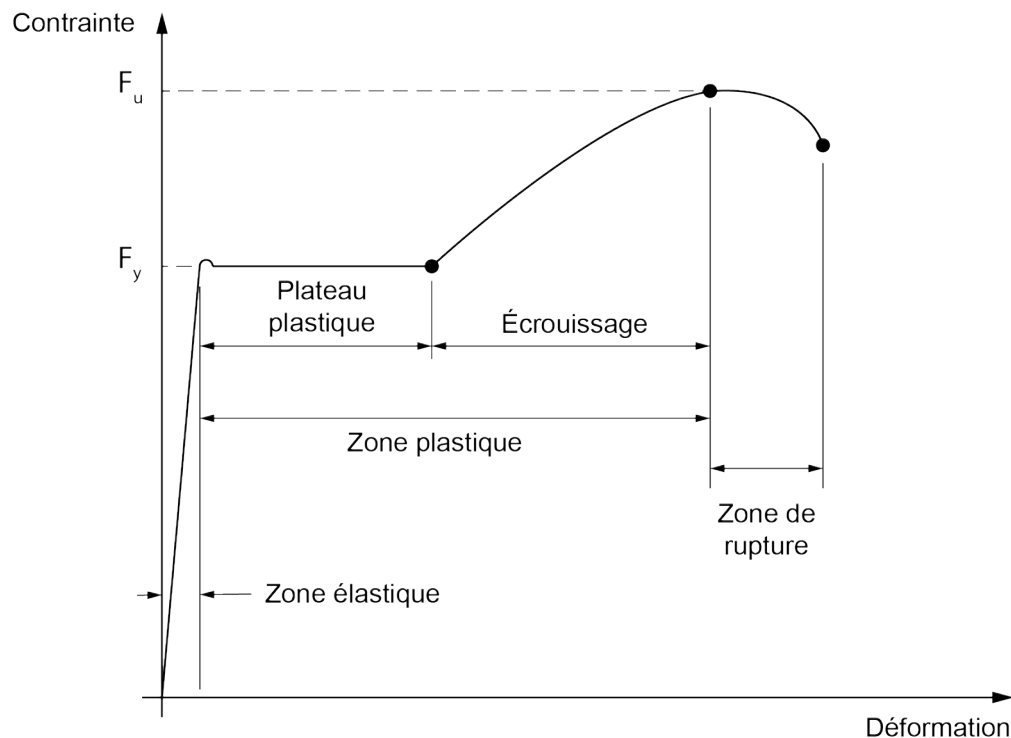


Figure 2.4-10 Courbe contrainte – déformation de l'acier

Il y a d'abord la phase élastique où la déformation de l'échantillon est directement proportionnelle à la contrainte appliquée. Lorsque la tension est relâchée dans cette zone, l'échantillon reprend alors sa longueur initiale.

Une fois que la contrainte a atteint la limite élastique (F_y), c'est le début de la phase plastique. Dans cette zone, l'échantillon conserve une déformation permanente même après le relâchement de la tension. La phase plastique se divise en deux zones, soit une zone où la déformation augmente sans augmentation de la contrainte, c'est le plateau plastique, et une zone où la déformation s'accroît seulement si la contrainte continue d'augmenter, c'est la zone d'écrouissage. Il est à noter que les aciers ne se comportent pas tous de cette façon. En effet, les aciers à haute résistance n'ont pas ou n'ont que très peu de plateaux plastiques.

Lorsque la contrainte a atteint sa valeur maximale, appelée la limite ultime (F_u), la phase de rupture débute et elle est caractérisée par la striction de la section, c'est-à-dire la réduction visible et très localisée de la section de l'échantillon à l'endroit où va se produire la rupture.

Les autres propriétés mécaniques de l'acier les plus usuelles sont la résilience et la dureté. La résilience est la capacité d'un matériau à résister aux chocs et la dureté est sa capacité de résister à la production d'une empreinte laissée par un pénétrateur normalisé.

L'année de fabrication de l'acier donne une indication sur sa résilience. En effet, l'acier utilisé pour les ponts construits avant 1960 n'offre pas une bonne résilience, tandis que celui utilisé après 1970 a généralement une bonne résilience. Dans la période comprise entre 1960 et 1970, les résultats sont variables, c'est-à-dire que certains aciers ont une bonne résilience tandis que pour d'autres, c'est le contraire. De plus, il est important de noter qu'au cours de cette décennie, des plaques avec différentes valeurs de résilience peuvent avoir été utilisées lors de la fabrication d'un même pont. L'essai Charpy, réalisé en laboratoire sur un échantillon d'acier, permet de déterminer la valeur de la résilience d'un acier. Cet essai est très utilisé compte tenu de sa facilité de réalisation.

Les propriétés chimiques les plus importantes sont la soudabilité et la sensibilité à la corrosion. La soudabilité se définit comme la facilité avec laquelle on peut joindre deux pièces par soudage. La corrosion est un phénomène électrochimique qui produit la détérioration progressive des surfaces d'acier en contact avec l'atmosphère et l'eau lorsque ces surfaces ne possèdent pas de protection efficace contre ce phénomène.

2.4.4.2 La résistance en traction

Le comportement d'une pièce en traction est simple et semblable au comportement d'un échantillon soumis à un essai de traction. Lorsque la contrainte dépasse la limite élastique (F_y), il y a plastification de la section avec déformation permanente et, si la contrainte atteint sa valeur maximale (F_u), il y a rupture de la pièce.

Les aciers les plus courants ont une bonne réserve de capacité entre le début de la plastification et la rupture (figure 2.4-10), ce qui assure la ductilité de la pièce, dont la mise hors service se fait par plastification de la section. Cependant, pour les aciers à haute résistance qui sont moins ductiles, les déformations observées sont moins grandes au moment de la rupture.

2.4.4.3 La résistance en compression

Le comportement d'une pièce soumise à la compression est beaucoup plus complexe que celui d'une pièce tendue. Les trois principaux modes de rupture pouvant se manifester sont la plastification de la section, le flambement de la pièce et le voilement local d'une des parois constituant la section de la pièce.

La plastification de la section survient lorsque la contrainte atteint la limite élastique. Le flambement de la pièce est lié directement à son instabilité. Le phénomène d'instabilité est la caractéristique d'une pièce comprimée qui subit soudainement de grandes déformations latérales disproportionnées sous l'effet d'un faible accroissement de la charge. Plus la pièce est élancée, plus elle est instable. Quant au voilement, il est caractérisé par la déformation locale d'une paroi composant la section de la pièce.

À l'opposé des pièces en traction, les ruptures des pièces en compression sont souvent soudaines et se produisent sans avertissement.

2.4.4.4 La résistance en flexion

Les modes de rupture d'une pièce en flexion sont la plastification, le voilement des parois et le déversement.

La figure 2.4-11 montre le voilement de la semelle supérieure et de la partie supérieure de l'âme d'une poutre soumise à un effort de flexion positif.

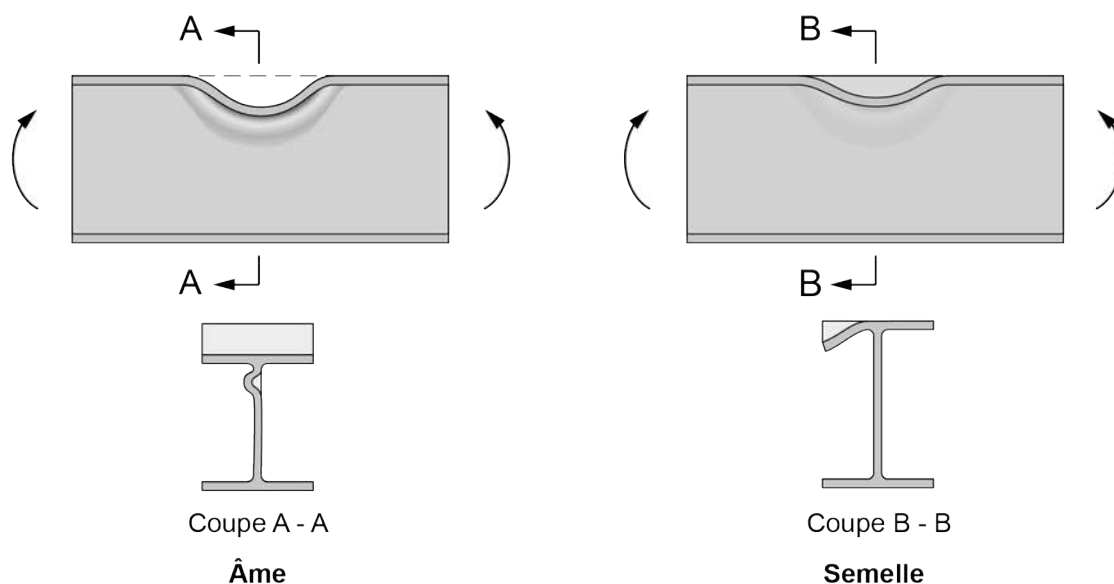


Figure 2.4-11 Voilement d'une pièce en flexion

Le déversement correspond à une déformation latérale de la semelle en compression accompagnée d'une rotation de la section par rapport à l'axe longitudinal de la pièce (figure 2.4-12).

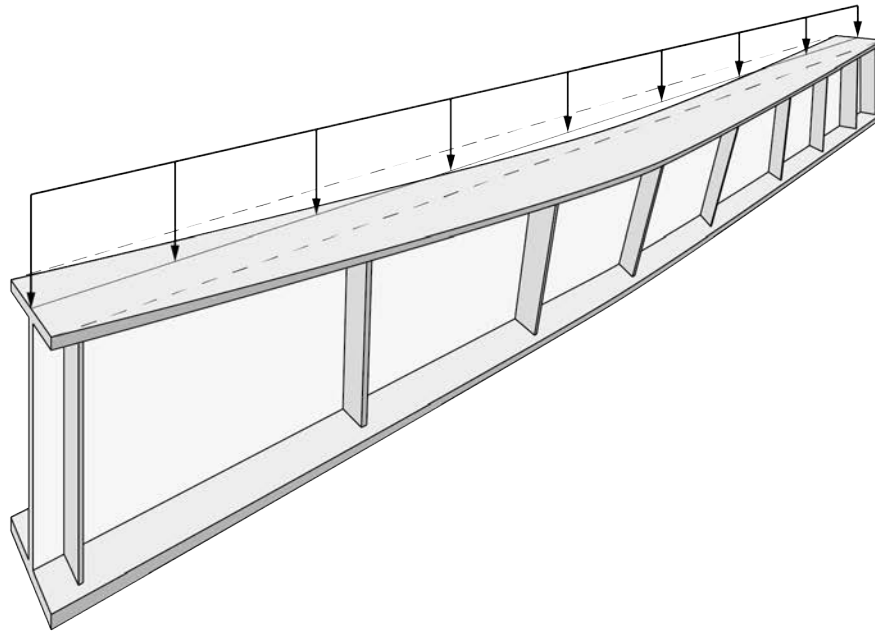
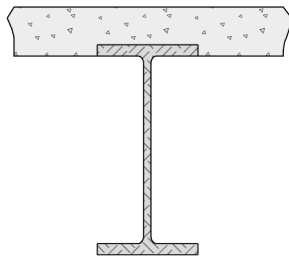


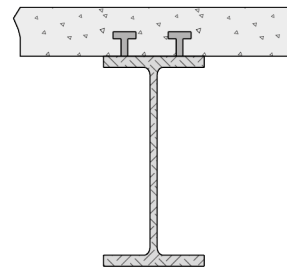
Figure 2.4-12 Déversement d'une pièce en flexion

Le comportement d'une poutre qui déverse est analogue au flambement d'un poteau. Ainsi, les poutres courtes auront tendance à voiler et les poutres longues à déverser.

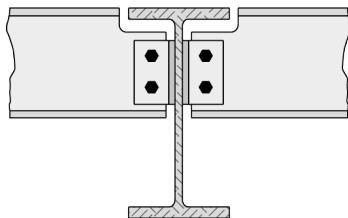
Il est possible d'éviter le déversement en retenant latéralement la semelle comprimée à l'aide de supports suffisamment rigides et judicieusement espacés (figure 2.4-13).



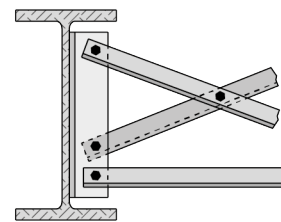
Semelle supérieure encastrée
dans la dalle en béton



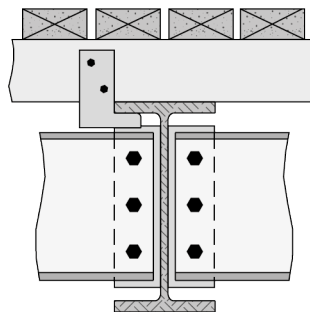
Semelle supérieure liée à la dalle
en béton armé avec des goujons



Diaphragme près de
la semelle supérieure



Contreventements



Détail type pour le platelage en bois

Figure 2.4-13 Supports latéraux

2.4.4.5 La résistance à l'effort tranchant

Une pièce sollicitée en flexion est aussi soumise à un effort tranchant. La partie de la section responsable de résister à l'effort tranchant est généralement l'âme. Les poutres de section en forme de « H » soumises à l'effort tranchant peuvent voir leur âme se déformer par plastification ou par flambement.

2.4.4.6 Résistance à la fatigue

La fatigue de l'acier est un processus d'endommagement sous l'effet de charges répétées qui peuvent conduire à la fissuration et à la rupture éventuelle de la pièce même si l'amplitude des contraintes produite est de faible intensité.

Le processus de rupture par fatigue se déroule en trois phases :

- l'amorçage de la fissure;
- la propagation de la fissure;
- la rupture.

Dans la phase d'amorçage, une microfissure se forme dans l'acier résultant de l'action de sollicitations telles que la circulation routière, le vent, les séismes ou les effets thermiques.

La durée de cette phase dépend principalement de l'amplitude des contraintes et du nombre de cycles auxquels la pièce est soumise, de la qualité du matériau et de la géométrie de la pièce.

Les zones les plus sensibles à l'apparition d'une fissure sont celles où il y a des discontinuités géométriques (angle vif, changement brusque de dimensions, assemblages soudés) ou des discontinuités microstructurales (porosités, inclusions). Les détails d'assemblage les plus susceptibles d'être affectés par la fatigue sont les suivants :

- les assemblages soudés longitudinalement dans une zone tendue et dont la longueur est supérieure à 100 mm, avec présence ou non de soudure transversale (exemples : plaque de renfort soudée sous la semelle d'une poutre, plaque gousset soudée sur la semelle d'une poutre);
- les assemblages avec soudures discontinues;
- les assemblages avec discontinuités géométriques (changement brusque de dimension, arêtes vives ou faible rayon de courbure);

La figure 2.4-14 montre des exemples qui illustrent les situations décrites ci-dessus. Les endroits identifiés par des traits pointillés sont les zones les plus susceptibles de fissurer, mais de la fissuration peut aussi être observée à l'extérieur de ces zones.

Une fois la fissure amorcée, chaque cycle de sollicitation induit une avancée plus ou moins importante de la fissure : il s'agit de la phase de propagation. Les facteurs influençant la propagation d'une fissure sont les suivants :

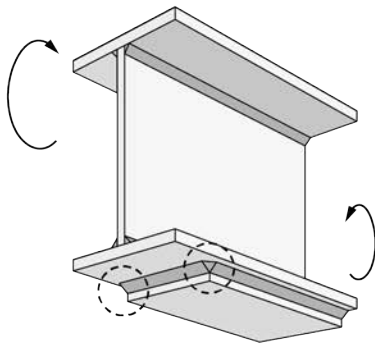
- les défauts de fabrication de l'acier;

- la ténacité du matériau, c'est-à-dire la capacité à reprendre des efforts tout en étant fissuré;
- la géométrie du détail;
- le nombre de cycles de chargement;
- l'amplitude des contraintes produites par le chargement cyclique;
- l'intensité des contraintes permanentes;
- la corrosion;
- l'orientation et la taille de la fissure.

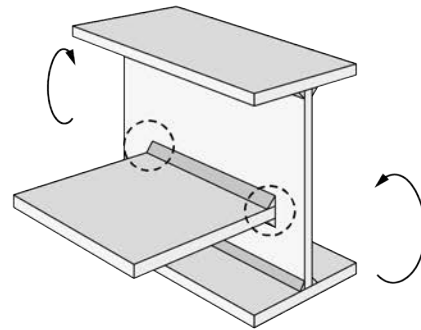
Il existe des essais expérimentaux pour mesurer la ténacité d'un matériau, mais ces essais sont longs, coûteux et difficiles à réaliser. Toutefois, il est possible de lier la ténacité à la résilience de l'acier. En effet, les matériaux ayant une ténacité à la rupture élevée manifestent également une grande résilience. Les résultats de l'essai Charpy, qui est conçu pour mesurer la résilience, fournissent une indication qualitative sur la ténacité d'un matériau, mais les contraintes induites et la longueur de la fissure ne sont pas mesurées directement au cours de l'essai. Les résultats d'essais Charpy servent donc à s'assurer d'un niveau de ténacité à la rupture satisfaisant compte tenu des conditions d'exploitation envisagées.

Il est aussi important de noter que la température influence la ténacité de l'acier. Par exemple en été, une membrure comportant une fissure peut posséder une bonne ténacité tandis qu'en hiver, à basse température, sa ténacité peut être suffisamment réduite pour qu'une rupture se produise.

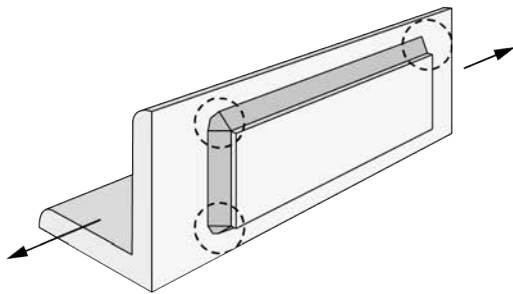
L'endommagement par la fatigue est cumulatif et, lorsque la taille critique de la fissure est atteinte, la rupture de la pièce se produit. Cette rupture peut être ductile, fragile ou une combinaison des deux types. Dans le cas d'une rupture fragile, la durée de la phase de propagation jusqu'à la rupture est très courte, voire inexistante. La rupture est alors soudaine, c'est-à-dire qu'elle survient sans avertissement.



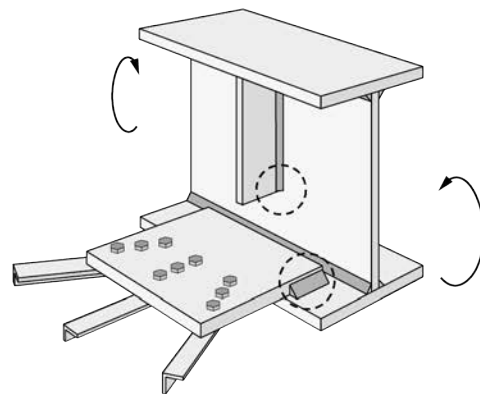
Cas 1



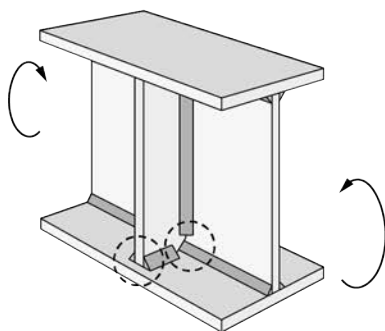
Cas 2



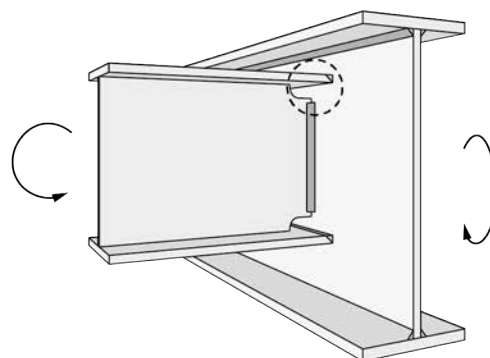
Cas 3



Cas 4

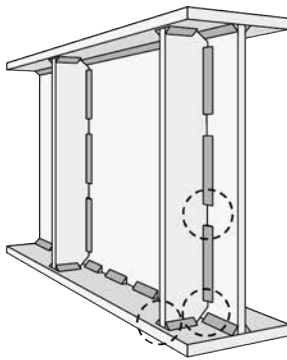


Cas 5

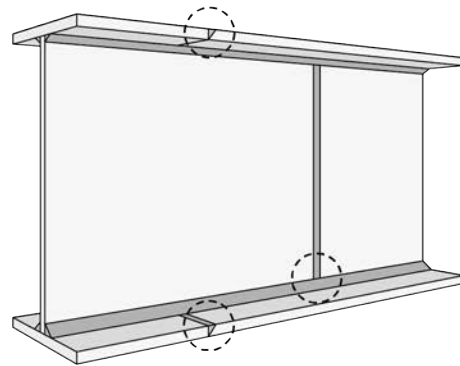


Cas 6

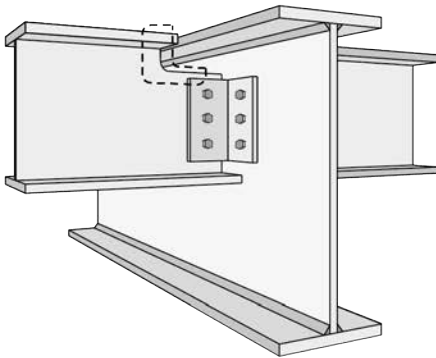
Figure 2.4-14 Zones propices à la fissuration



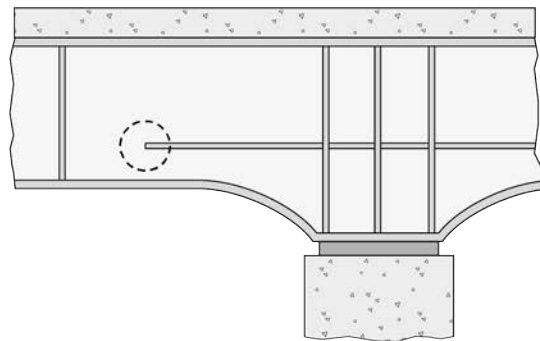
Cas 7



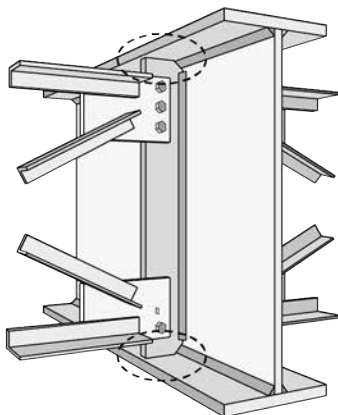
Cas 8



Cas 9

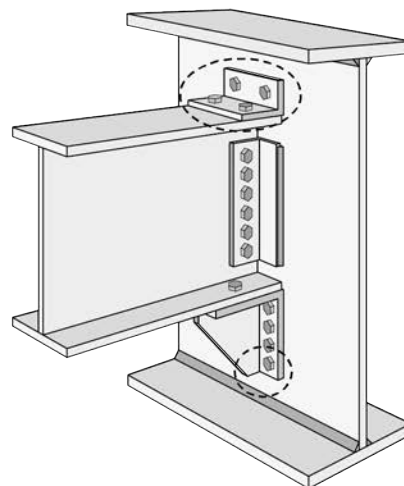


Cas 10



Raidisseurs non soudés
aux semelles

Cas 11



Cas 12

Figure 2.4-14 Zones propices à la fissuration (suite)

2.4.5 Le bois

Le bois peut être soumis à des efforts de compression, de traction, de flexion, de cisaillement et de torsion.

De façon générale, le bois offre une plus grande résistance lorsqu'il est soumis à un effort parallèle aux fibres qui le composent.

2.4.5.1 La résistance à la compression

Il y a trois types de compression : la compression parallèle aux fibres, la compression perpendiculaire aux fibres et la compression angulaire (figure 2.4-15).

La résistance du bois à la compression parallèle aux fibres est développée par les minuscules fibres qui composent sa structure cellulaire. Chaque fibre de bois reçoit et donne un support latéral aux fibres voisines, chacune agissant comme une colonne creuse individuelle. C'est ce type de résistance en compression qui est le plus grand.

La résistance du bois à la compression perpendiculaire aux fibres est difficile à mesurer à cause des déformations qui l'accompagnent. Cette résistance s'accroît avec la déformation et atteint un maximum lorsque la lignocellulose est entièrement comprimée au tiers environ de son volume original. En compression perpendiculaire aux fibres, les fibres non sollicitées aident directement celles qui le sont.

La résistance du bois en compression angulaire se situe entre les valeurs de résistance de la compression parallèle et de la compression perpendiculaire aux fibres.

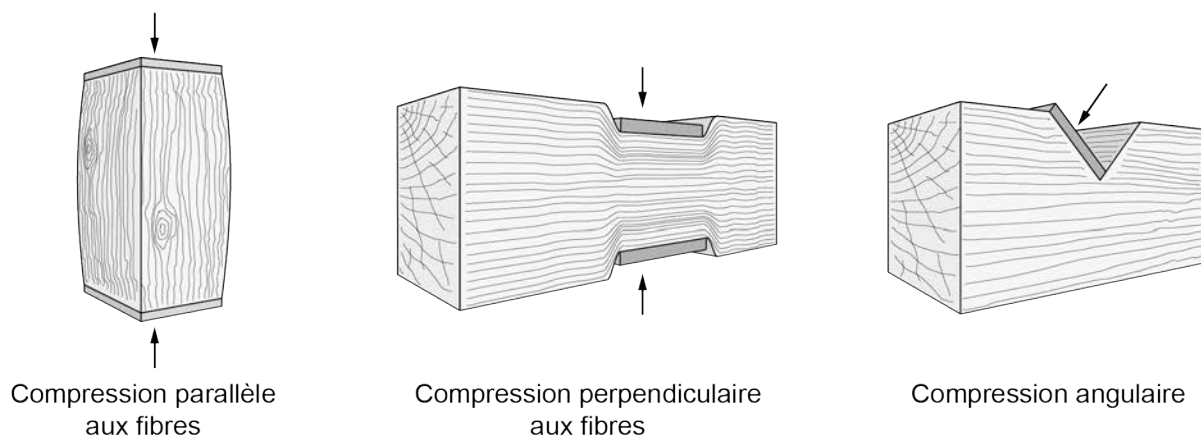


Figure 2.4-15 Effort de compression dans le bois

2.4.5.2 La résistance à la traction

La traction peut être de deux types : la traction parallèle aux fibres et la traction perpendiculaire aux fibres (figure 2.4-16).

La résistance du bois est plus grande lorsqu'il est soumis à un effort de traction parallèle aux fibres. Cependant, il faut tenir compte de la présence des trous, des encoches ou des coupes qui réduisent la section et créent ainsi des concentrations de contraintes.

La résistance du bois en traction perpendiculaire aux fibres est beaucoup moins grande, mais le bois est rarement sollicité de cette façon.

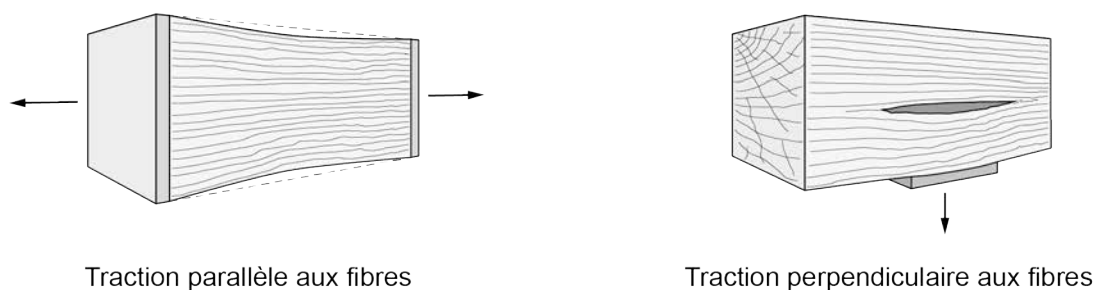


Figure 2.4-16 Effort de traction dans le bois

2.4.5.3 La résistance à la flexion

La résistance en flexion d'une pièce en bois dépend de ses propriétés géométriques.

La figure 2.4-17 montre une pièce de bois simplement appuyée soumise à un effort de flexion. La partie supérieure de la poutre est comprimée, la partie inférieure tendue et, au niveau de l'axe neutre, le cisaillement horizontal est maximal.

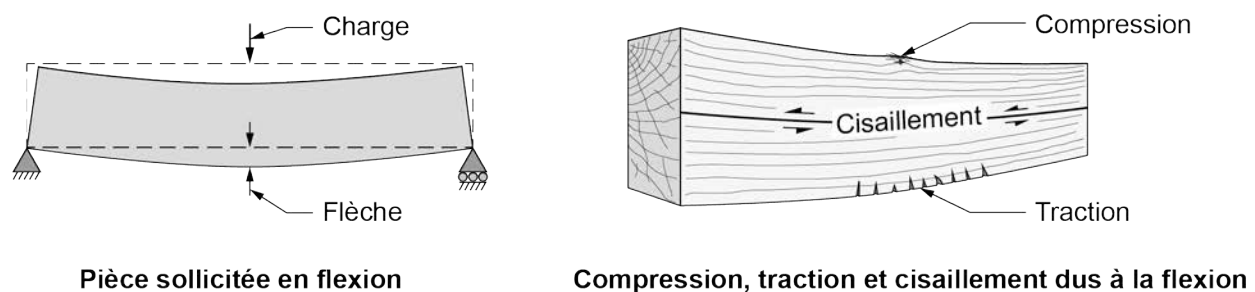


Figure 2.4-17 Effort de flexion dans le bois

2.4.5.4 La résistance au cisaillement

Il y a deux types de cisaillement : le cisaillement perpendiculaire aux fibres et le cisaillement parallèle aux fibres (figure 2.4-18).

La résistance du bois est plus grande dans le cas du cisaillement perpendiculaire aux fibres. Lors du dimensionnement des poutres, ce cisaillement n'est jamais critique. Cependant, les efforts de flexion engendrent les contraintes maximales en cisaillement parallèle aux fibres au niveau de l'axe neutre. La résistance du bois en cisaillement parallèle aux fibres est moins grande et il faut tenir compte des trous, des encoches et des coupes qui réduisent la surface effective résistant au cisaillement.

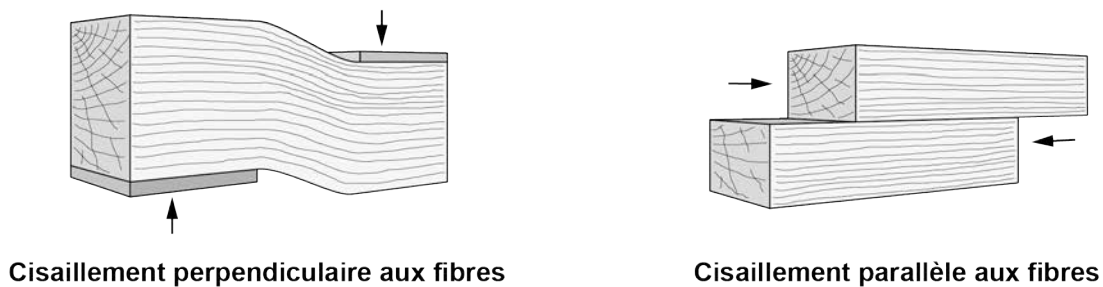


Figure 2.4-18 Effort de cisaillement dans le bois

2.4.5.5 La torsion

Dans le cas des ponts, les pièces en bois sont rarement soumises à ce type d'effort (figure 2.4-19).

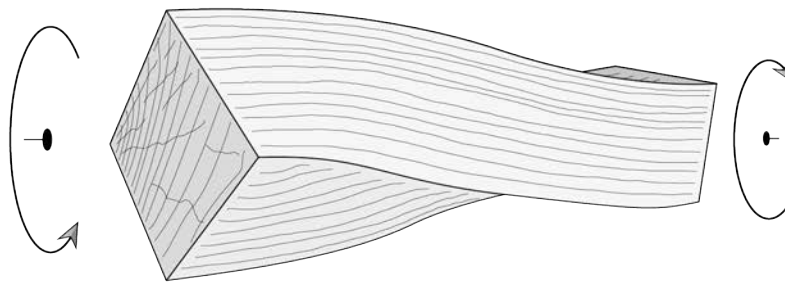


Figure 2.4-19 Effort de torsion dans le bois

CHAPITRE 3

ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES ÉLÉMENTS D'UNE STRUCTURE

TABLE DES MATIÈRES

3.1	GÉNÉRALITÉS	3-1
3.1.1	Le lien entre l'inventaire et l'inspection	3-1
3.1.2	Les principes généraux	3-1
3.2	LE NIVEAU D'IMPORTANCE DES ÉLÉMENTS	3-2
3.3	L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU D'UN ÉLÉMENT	3-5
3.3.1	Principes d'évaluation	3-5
3.3.2	Cas particuliers : fissures dans le béton, l'acier et l'enrobé	3-6
3.4	L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT	3-7
3.4.1	Les critères généraux d'évaluation du comportement	3-8
3.4.2	Les critères spécifiques d'évaluation du comportement	3-9
3.5	LES COMMENTAIRES ET LES PHOTOS	3-10
3.6	LES ACTIVITÉS RECOMMANDÉES	3-10
3.7	LES PARTICULARITÉS DU SYSTÈME D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT	3-10
3.7.1	Les défauts non couverts par le système d'évaluation de l'état	3-10
3.7.2	Les éléments inexistants	3-11
3.7.3	Les éléments non inspectés	3-11
3.7.4	Les éléments évalués en comportement seulement	3-11
3.7.5	Les éléments inaccessibles	3-12
3.7.6	Les éléments partiellement inaccessibles	3-13
3.7.7	Les éléments difficiles d'accès	3-13

3.8	L'AVIS TECHNIQUE DE FISSURATION DU BÉTON	3-14
3.8.1	Les éléments visés par l'avis technique de fissuration	3-14
3.8.2	Les éléments non visés	3-15
3.8.3	Les étapes de l'avis technique de fissuration	3-15
3.8.4	Cas spécifique des dalles épaisses en béton armé ou en béton précontraint sans armature de cisaillement	3-16
3.9	RISQUE DE CHUTE DE FRAGMENTS DE BÉTON	3-19
3.10	RISQUE DE CHUTE DE STRATES DE ROUILLE D'ACIER	3-19
3.11	INSPECTION DES POUTRES TRIANGULÉES	3-20
3.12	LES MESURES PROPOSÉES PAR LE SYSTÈME D'INSPECTION	3-21
3.12.1	Les priorités d'intervention	3-21
3.12.2	Les défauts pouvant affecter la capacité de la structure	3-22
3.12.3	Les défauts pouvant affecter la sécurité des usagers	3-22

FIGURE

Figure 3.8-1	Cheminements possibles pour un avis de fissuration	3-18
--------------	--	------

TABLEAUX

Tableau 3.2-1	Niveau d'importance des éléments	3-3
Tableau 3.3-1	Lien entre les degrés de sévérité des défauts et l'état du matériau	3-5
Tableau 3.4-1	Critères généraux d'évaluation du comportement des éléments	3-9
Tableau 3.7-1	Éléments évalués en comportement seulement	3-12
Tableau 3.8-1	Critères pour démarrer le processus d'avis technique de fissuration du béton	3-14
Tableau 3.12-1	Délais d'intervention	3-21

3.1 GÉNÉRALITÉS

Le système d'évaluation de l'état a pour objet d'estimer l'état général des éléments d'une structure, tant au chapitre des matériaux les constituant qu'en ce qui a trait à leur comportement. Le système d'évaluation de l'état sert également à uniformiser l'évaluation de l'importance des défauts observés sur les éléments des structures lors de l'inspection de manière que les données recueillies puissent être informatisées et facilement traitées.

L'évaluation des éléments d'une structure se fait en deux temps. D'abord, l'inspecteur compare les défauts observés sur les éléments à un ensemble de critères qui sont regroupés selon des degrés de sévérité. Par la suite, une appréciation de l'état des éléments au niveau des matériaux et du comportement est réalisée selon l'importance des défauts et le jugement de l'inspecteur.

Les résultats obtenus vont permettre :

- de constituer un inventaire des défauts observés sur les structures;
- de définir les besoins d'intervention;
- de proposer des mesures de sécurité, si jugées nécessaires;
- de suggérer des priorités d'intervention.

3.1.1 Le lien entre l'inventaire et l'inspection

Le système de gestion des structures (système GSQ) est constitué de trois modules : l'inventaire, l'inspection et le module de planification stratégique (MPS).

Les éléments qui constituent une structure sont définis à l'inventaire et sont inspectés sur le site par travée. Chaque élément est donc rattaché à la travée sur laquelle il se trouve tel que présenté dans le *Manuel d'inventaire des structures*. Pour que des données relatives aux divers éléments des structures puissent être saisies lors de l'inspection, ces éléments doivent être présents dans l'inventaire.

3.1.2 Les principes généraux

Le système d'évaluation de l'état des éléments d'une structure repose sur deux indicateurs :

- le premier concerne l'état du matériau constituant l'élément;
- le deuxième concerne l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure; c'est la cote d'évaluation de comportement (cote CEC).

L'évaluation de l'état du matériau vise à donner une appréciation des défauts de matériaux détectés sur un élément. Pour ce faire, quatre états (A, B, C, D) sont définis, en fonction des degrés de sévérité observés.

Quant à la cote d'évaluation de comportement d'un élément (cote CEC), elle est une indication de l'incidence des défauts sur sa capacité structurale, sa fonctionnalité, sa stabilité ainsi que sur le confort et la sécurité des usagers.

Les critères sur lesquels se base le système d'évaluation de l'état doivent être considérés comme des lignes directrices. Ils ne doivent pas être utilisés comme des règles absolues d'évaluation des éléments, mais bien comme des guides permettant de constituer un inventaire des défauts et des besoins en intervention.

3.2 LE NIVEAU D'IMPORTANCE DES ÉLÉMENTS

Les éléments qui composent les structures sont répartis selon deux niveaux d'importance :

- les éléments principaux (P);
- les éléments secondaires (S).

Les éléments considérés comme principaux sont ceux qui supportent et transmettent les charges verticales à d'autres éléments de la structure ou au sol. Tous les autres éléments de la structure sont considérés comme étant des éléments secondaires.

Le niveau d'importance d'un élément dans la structure est pris en compte lors de l'évaluation du comportement. Par contre, pour l'évaluation de l'état du matériau, aucune distinction n'est faite entre les éléments principaux et secondaires.

Le tableau 3.2-1 présente les différents éléments constituant les structures, le groupe auquel ils sont associés ainsi que leur niveau d'importance.

Tableau 3.2-1 Niveau d'importance des éléments

Chapitre	Groupe	Élément	Niveau d'importance ⁽¹⁾
5	Cours d'eau et remblai	Cours d'eau	S
		Remblai	S
		Protection de talus	S
		Protection du lit	S
6	Culées et piles	Fondation	P
		Mur de front	P
		Fût	P
		Colonnes ou colonnes/bancs	P
		Chevêtre	P
		Garde-grève	S
		Assises ou blocs d'assise	P
		Corbeaux	P
		Appareils d'appui	P
		Butoirs	S
		Mur d'aile/en retour	S
7	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutre	P
		Diaphragmes d'extrémité à l'intérieur d'une poutre-caisson	P
	Contreventements	Contreventements	S
		Portiques d'extrémité	S
		Diaphragmes	S
	Poutres triangulées	Corde supérieure	P
		Corde inférieure	P
		Montants/poteaux	P
		Diagonales	P
		Assemblages	P
	Arc	Arc	P
		Membrure supérieure	P
		Tirant	P
		Suspentes/montants	P
		Diagonales	P
		Assemblages	P
	Arc à tympan rigide	Tympan	P
		Fondation	P
		Voûte	P
	Pont suspendu	Massif d'ancrage	P
		Chambre d'épanouissement des câbles	P
		Câble porteur et accessoires	P
		Suspentes et accessoires	P
		Bras d'articulation	P
		Butoirs	P
		Stabilisateurs transversaux	P

Tableau 3.2-1 Niveau d'importance des éléments (suite)

Chapitre	Groupe	Élément	Niveau d'importance ⁽¹⁾
7	Pont à haubans	Haubans et accessoires	P
		Sabots d'attache des torons	P
		Bras d'articulation	P
	Pont couvert	Tirants	P
		Lambris	S
		Toiture	S
	Structure de tablier	Entretoises	P
		Longerons	P
	Systèmes d'accès	Passerelle d'inspection	S
		Main courante	S
8	Platelage	Platelage	P
		Côté extérieur	P
		Surface de roulement	S
		Systèmes de drainage	S
9	Chasse-roue / trottoir	Chasse-roue	S
		Trottoir	S
		Bande médiane	S
	Joints	Élément en élastomère	S
		Épaulement	S
		Autres éléments	S
	Dispositif de retenue	Glissière (gauche ou droite)	S
		Glissière médiane	S
		Garde-fou	S
10	Protection contre la corrosion	Acier structural - unités de fondation	S
		Acier structural - tablier	S
		Acier structural - poutre triangulée/arc	S
11	Approches	Transition de chaussée	S
		Systèmes de drainage	S
		Glissière	S
		Escalier	S
12	Ponceau	Mur de tête	S
		Mur en aile	S
		Mur para fouille	S
		Défecteur et/ou piège à débris	S
		Fondation	P
		Radier	P
		Mur/naissance voûte/coin inférieur	P
		Dessous dalle/voûte	P
13	Mur de soutènement	Fondation	P
		Mur	P
	Autres types de murs	Fondation	S
		Mur	S

1. P : Principal S : Secondaire

2. Les formules de calcul des quantités se trouvent dans le *Manuel d'inventaire des structures*.

3.3 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU D'UN ÉLÉMENT

3.3.1 Principes d'évaluation

L'évaluation de l'état du matériau d'un élément consiste à déterminer le niveau de dégradation le caractérisant (A, B, C, D) à partir de quatre degrés de sévérité allant de léger, moyen, important à très important (voir le tableau 3.3-1). L'évaluation de la dégradation doit être représentative de l'état réel de l'élément. Ainsi, un élément peut présenter un ou plusieurs états selon l'évolution de la détérioration du matériau à différents endroits. Cette évaluation se base principalement sur une observation visuelle, mais doit être validée dans certains cas par un instrument ou un outil, par exemple l'utilisation d'un marteau pour déterminer le délaminage du béton.

Tableau 3.3-1 Lien entre les degrés de sévérité des défauts et l'état du matériau

Degré de sévérité	Aucun à léger	Moyen	Important	Très important
État du matériau	A	B	C	D

Pour effectuer une évaluation de l'état du matériau des éléments, l'inspecteur doit utiliser :

- les tableaux de défauts des matériaux présentés au chapitre 4;
- et
- les tableaux des critères spécifiques pour les éléments décrits aux chapitres 6 à 13.

Les tableaux du chapitre 4 « Défauts de matériaux » présentent des défauts pour les matériaux suivants :

- le béton;
- la maçonnerie;
- l'acier;
- l'aluminium;
- le bois;
- l'enrobé.

Le lien entre les degrés de sévérité des défauts de matériaux observés et l'état des différents éléments est fait dans les tableaux des critères spécifiques décrits aux chapitres 6 à 13.

Toutefois, il y a certains défauts de matériaux pour lesquels aucun degré de sévérité n'est attribué. L'inspecteur doit alors noter la présence de ce défaut, mais ce dernier ne doit pas être pris en compte pour l'évaluation de l'état du matériau.

Une fois les défauts catégorisés en fonction de leur degré de sévérité, l'inspecteur doit évaluer l'étendue du défaut et estimer le pourcentage de l'élément dans chacun des quatre états. La somme des pourcentages dans chacun des états (A, B, C, D) doit être égale à 100 %. Pour ce faire, l'inspecteur doit tenir compte des quantités indiquées sur les fiches d'inspection, quantités qui proviennent des données saisies dans le module d'inventaire pour chaque élément.

L'inspecteur doit arrondir les résultats du calcul des pourcentages à l'unité près c'est-à-dire sans décimale.

Il est à noter que lorsqu'un élément est affecté par plusieurs défauts dans la même zone, le pire défaut doit être retenu. Par contre, lorsqu'un élément est affecté par plusieurs défauts dans des zones distinctes, l'état du matériau ainsi que l'étendue du défaut doivent être évalués pour chaque zone. Par la suite, lorsque des zones sont dans le même état, les pourcentages sont additionnés.

Lorsque plusieurs éléments sont regroupés, comme c'est le cas, par exemple, pour les colonnes d'une pile, les appareils d'appui ou les assemblages d'une poutre triangulée, l'inspecteur doit tenir compte de l'ensemble des éléments pour l'évaluation de l'état du matériau.

3.3.2 Cas particuliers : fissures dans le béton, l'acier et l'enrobé

Lorsque des fissures sont observées, l'inspecteur doit estimer le pourcentage de l'élément affecté par ce défaut.

Dans le cas où les fissures sont observées sur un élément en **béton** et que celles-ci sont localisées et peu nombreuses, l'inspecteur devrait évaluer la surface de l'élément défectueux en se basant sur la règle suivante :

**4 mètres linéaires de fissures correspondent à environ
1 mètre carré de surface équivalente endommagée**

Lorsque les fissures sont nombreuses et généralisées dans une zone, par exemple une fissuration polygonale observée en dessous d'une dalle, un pourcentage de la surface doit être estimé, mais il n'est pas nécessaire de mesurer la longueur de toutes les fissures et d'appliquer le critère d'équivalence.

Pour les éléments **en acier**, l'inspecteur doit également évaluer le pourcentage de la surface de l'élément affecté. Toutefois, la règle présentée précédemment pour les éléments en béton ne peut pas s'appliquer pour les éléments en acier. En effet, le

comportement de l'acier est très différent de celui du béton armé et les fissures perceptibles sur une surface en acier sont généralement très courtes. Devant une telle situation, l'inspecteur doit attribuer un petit pourcentage de la surface de l'élément pour le défaut de fissuration par exemple 1 % ou 2 %.

Même si le pourcentage d'un élément fissuré est faible du point de vue de l'état du matériau, lorsque l'inspecteur juge que ce défaut de fissuration a une influence sur la capacité portante ou la stabilité de la structure, celui-ci est pris en compte lors de l'évaluation de la cote CEC. De cette façon, le problème est soulevé et soumis à l'attention de l'ingénieur responsable.

Dans le cas où des fissures sont observées dans l'**enrobé**, la même méthode que celle utilisée pour le béton s'applique.

3.4 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

L'évaluation du comportement d'un élément consiste à apprécier, à l'aide d'une cote représentative, l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure. La cote d'évaluation du comportement d'un élément est désignée « cote CEC » dans le présent manuel.

Pour effectuer une évaluation du comportement des éléments d'une structure, l'inspecteur doit utiliser :

- **le tableau 3.4-1 présentant les critères généraux d'évaluation;**
- ou en comparer l'importance des défauts observés avec les critères décrits dans :
- **les tableaux des critères spécifiques établis pour tous les éléments des groupes décrits aux chapitres 5 à 13.**

Les cotes attribuées pour le comportement des éléments varient de 4 à 1; chacune des cotes désigne un comportement particulier de l'élément :

- une cote CEC de 4 désigne un élément dont les défauts n'ont aucune ou seulement une légère incidence sur son comportement. C'est la meilleure cote qui peut être attribuée à un élément (une valeur de 4 sur une possibilité de 4);
- une cote CEC de 1 désigne un élément dont les défauts ont une incidence très importante sur son comportement. C'est la plus sévère cote qui peut être attribuée à un élément (une valeur de 1 sur une possibilité de 4).

La cote CEC d'un élément est l'indicateur le plus important du système d'évaluation de l'état. En effet, cette cote mesure l'effet des défauts sur la capacité structurale de l'élément, sur sa fonctionnalité, sur sa stabilité ainsi que sur la sécurité et le confort des usagers.

L'évaluation du comportement est particulièrement importante dans le cas des éléments principaux, car les défauts qui affectent ces éléments ont pour effet de diminuer leur capacité à supporter ou à transmettre les charges et, par conséquent, de diminuer la capacité de la structure et d'affecter potentiellement la sécurité des usagers.

Lorsque les défauts détectés laissent croire qu'ils peuvent influencer très fortement la stabilité ou la capacité d'une structure, l'inspecteur doit aviser dans les plus brefs délais l'ingénieur responsable des structures à la direction territoriale. **En cas d'urgence, une action immédiate doit être entreprise.**

Généralement, un défaut de matériau est associé à un défaut de comportement. Toutefois, un défaut de matériau d'une certaine gravité n'entraîne pas nécessairement un défaut de comportement de la même importance. Il est donc possible qu'un élément ait un fort pourcentage en mauvais état qu'il ait néanmoins un bon comportement.

Il est également possible que les défauts de comportement d'un élément soient causés par une mauvaise conception, par des défauts de construction ou bien par des défauts de comportement d'autres éléments. Dans ces cas, les problèmes de comportement ne sont pas attribués directement à des défauts de matériaux de l'élément lui-même.

Il faut cependant mentionner que dans certains cas, la cote de comportement peut être relevée suivant un avis technique produit par un ingénieur qui s'est prononcé sur la capacité résiduelle de l'élément. L'avis technique doit préciser la diminution de section tolérable avant que la perte de capacité de l'élément ne devienne notable. Rappelons qu'un court résumé de l'avis technique doit être saisi au Système de gestion des structures (GSQ) dans la section « Commentaires » de l'inspection liée à l'élément concerné. De plus, l'avis technique doit être accessible via le suivi des documents.

Contrairement à l'évaluation de l'état du matériau, l'importance des éléments dans la structure (élément principal ou secondaire) doit être prise en compte lors de l'évaluation de la cote CEC.

Les critères d'évaluation du comportement sont pondérés de manière que les défauts soient considérés de façon relative selon qu'ils sont observés sur des éléments principaux ou secondaires (voir tableau 3.4-1).

3.4.1 Les critères généraux d'évaluation du comportement

Les critères généraux d'évaluation du comportement d'un élément sont définis au tableau 3.4-1.

L'inspecteur doit d'abord vérifier si l'élément qu'il doit évaluer est un élément principal ou secondaire. Puis, il évalue la diminution de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure. Cela se traduit, pour la plupart des éléments principaux, par l'évaluation de la diminution de la capacité structurale de l'élément.

Le pourcentage de diminution de la capacité structurale d'un élément est une valeur qui n'est pas évidente dans bien des cas et qui ne peut être déterminée réellement avec exactitude que par des spécialistes. Dans ces conditions, l'inspecteur doit donner une appréciation de la diminution de la capacité des éléments structuraux d'après son jugement et son expérience.

Tableau 3.4-1 Critères généraux d'évaluation du comportement des éléments

Comportement	Diminution de l'aptitude d'un élément à jouer son rôle	
	Élément principal	Élément secondaire
4	0 à 10 %	0 à 10 %
3	10 à 20 %	10 à 30 %
2	20 à 30 %	30 à 50 %
1	> 30 %	> 50 %

Lorsque plusieurs éléments sont regroupés, comme les colonnes d'une pile, les appareils d'appui, les assemblages des poutres triangulées, les longerons ou les entretoises, la cote CEC qui doit être attribuée est la plus basse cote observée sur un des éléments du groupe. C'est le principe du maillon faible de la chaîne.

Lorsque plusieurs défauts sont observés, celui ayant la plus basse cote CEC doit être retenu.

Dans le cas d'une structure soumise à une restriction de charges, l'évaluation de la cote CEC doit être réalisée sans tenir compte de l'affichage en place.

3.4.2 Les critères spécifiques d'évaluation du comportement

Pour aider l'inspecteur à apprécier le rôle des éléments d'une structure, des critères spécifiques d'évaluation du comportement se trouvent dans les chapitres 5 à 13 inclusivement.

Pour ces critères, l'évaluation de la diminution de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle est généralement énoncée par une gradation de l'importance des défauts allant de léger à très important. Il y a également des critères spécifiques pour évaluer certains défauts, par exemple les fissures structurales dans le béton qui sont caractérisées en fonction de leur ouverture ou bien les défauts de chasse-roue ou de trottoir qui sont caractérisés en fonction de leur hauteur.

3.5 LES COMMENTAIRES ET LES PHOTOS

Dans le système GSQ, l'inspecteur doit inscrire des commentaires, pour chaque élément lorsque :

l'évaluation résulte en une cote CEC = 2 ou 1

ou

le matériau présente un état C ou D ($C > 0 \%$ ou $D > 0 \%$).

Le commentaire doit fournir de l'information quant au type de défaut observé (corrosion, délaminage, désagrégation, etc.) et sa localisation (âme de la poutre à l'extrémité, ancrage du dispositif de retenue, etc.). Dans les cas de fissuration du béton, il est recommandé d'inscrire l'ouverture de la fissure plutôt que de la qualifier en utilisant les termes moyenne, importante ou très importante.

De plus, lorsque des commentaires sont requis, il est recommandé d'ajouter dans le système GSQ des photos prises lors de l'inspection. À noter que le système permet l'ajout de cinq photos pour chaque élément inspecté.

3.6 LES ACTIVITÉS RECOMMANDÉES

Dans le système GSQ, l'inspecteur doit recommander des activités pour chaque élément lorsque :

l'évaluation résulte en une cote CEC = 2 ou 1

ou

**le matériau présente un état C sur 20 % et plus
ou un état D ($C \geq 20 \%$ ou $D > 0 \%$).**

Dans le système GSQ, une liste d'activités potentielles pour tous les éléments est disponible. Cette liste, qui se trouve à la section 15.8 du présent manuel, a été produite à partir des activités d'entretien décrites dans le *Manuel d'entretien des structures*.

3.7 LES PARTICULARITÉS DU SYSTÈME D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT

Le système d'évaluation de l'état des éléments comporte certaines particularités qu'il est nécessaire de mentionner avant d'entreprendre l'évaluation de l'état des matériaux et du comportement des éléments d'une structure.

3.7.1 Les défauts non couverts par le système d'évaluation de l'état

Les critères généraux et spécifiques d'évaluation couvrent la grande majorité des défauts pouvant être observés sur les éléments des structures.

Lorsque l'inspecteur observe un défaut qui n'apparaît pas, en tant que tel, dans les critères, celui-ci doit évaluer l'importance du défaut selon son propre jugement et en utilisant la même approche que celle établie par les critères généraux.

3.7.2 Les éléments inexistants

Lorsqu'un élément n'existe pas, il est nécessairement absent du module d'inventaire et, par conséquent, aucune information ne peut être saisie dans le système GSQ pour cet élément inexistant.

Dans certains cas, l'absence de cet élément peut être considérée comme un défaut de comportement qui pourrait être corrigé par une intervention. Dans une telle situation, l'inspecteur doit noter l'intervention à réaliser au niveau de la structure étant donné qu'il n'est pas possible d'inscrire une activité au niveau de l'élément.

À titre d'exemple, citons le cas d'une absence de contreventements entre les poutres d'un pont acier-bois ou l'absence de glissière de sécurité à l'approche d'une structure.

3.7.3 Les éléments non inspectés

Certains éléments qui sont à l'inventaire dans le groupe « Approche » ne sont pas inspectés suivant le système d'évaluation de l'état. Il s'agit des éléments suivants :

- la dalle de transition;
- le chasse-roue ou la bordure;
- le trottoir.

3.7.4 Les éléments évalués en comportement seulement

Plusieurs éléments font seulement l'objet d'une évaluation de leur comportement. Aucune évaluation de l'état du matériau n'est alors réalisée. C'est le cas pour les éléments qui se trouvent dans le tableau 3.7.1.

Tableau 3.7-1 Éléments évalués en comportement seulement

Groupe	Élément
Cours d'eau et remblai	Cours d'eau
	Protection du lit
	Remblai
	Protection de talus
Culées	Fondation
Piles	Fondation
Platelage	Système de drainage
Arc à tympans rigides	Fondation
Murs de soutènement	Fondation
Autres types de murs	Fondation
Pont suspendu	Massifs d'ancrage
Approches	Transition de chaussée
	Système de drainage
	Escalier
Ponceaux	Fondation
	Mur para fouille
	Défecteur ou piège débris
Système d'accès	Passerelle d'inspection
	Main courante

Plusieurs raisons justifient le fait d'évaluer seulement le comportement de ces éléments. D'abord, le module de planification stratégique (MPS) du système GSQ utilise les résultats de l'évaluation de l'état du matériau et les intègre à des courbes de dégradation de matériaux afin de proposer aux utilisateurs des scénarios d'intervention. Or, pour la majorité des éléments énumérés ci-dessus, il n'est pas possible de leur associer une courbe de dégradation de matériaux en raison de la nature même de l'élément (exemple : eau, matériau granulaire).

De plus, pour certains éléments, il est généralement impossible de voir l'élément lui-même lors de l'inspection et donc d'estimer l'état du matériau. C'est le cas par exemple pour la fondation des structures et des murs, ou bien le mur para fouille des ponceaux.

3.7.5 Les éléments inaccessibles

Lors de l'inspection, il peut arriver qu'un élément ne soit pas accessible. À titre d'exemple, citons le cas des poutres situées à l'intérieur d'une culée creuse s'il n'y a pas d'ouverture permettant à l'inspecteur d'entrer à l'intérieur de la culée.

Lorsqu'un élément est inaccessible, l'évaluation de l'état du matériau ne peut pas être réalisée. Dans ce cas, l'inspecteur doit seulement évaluer le comportement de cet élément en se basant principalement sur l'observation des éléments qui sont à proximité.

De plus, lorsqu'une telle situation se présente, il faut indiquer dans les commentaires la raison pour laquelle l'élément est inaccessible. Finalement, lorsque cela est possible, des mesures doivent être prises pour que l'élément puisse être inspecté dans le futur.

Il est à noter que lorsque des débris sont présents sur l'assise d'une unité de fondation et qu'ils nuisent à l'observation des défauts, un minimum de nettoyage doit être fait par l'inspecteur afin de permettre l'évaluation de l'élément. La notion d'élément inaccessible ne devrait être pas être utilisée dans cette situation.

Mentionnons que la notion d'élément inaccessible ne devrait être utilisée qu'en dernier recours.

Dans le système GSQ, l'inspecteur doit indiquer « Élément inaccessible » dans le champ « Nature de l'inspection ».

3.7.6 Les éléments partiellement inaccessibles

Il peut arriver également qu'un élément ne soit inaccessible que partiellement. Citons, par exemple, le cas d'un garde-grève caché en partie par la présence de diaphragmes. Dans une telle situation, la surface du garde-grève inscrite à l'inventaire doit être la somme des surfaces visibles et non visibles. Ensuite, l'inspecteur doit évaluer les pourcentages de l'état du matériau en fonction de la surface totale et non en fonction de la surface visible. L'inspecteur doit finalement inscrire un commentaire afin d'expliquer la situation.

Dans le système GSQ, l'inspecteur doit indiquer « Nouvelle donnée » dans le champ « Nature de l'inspection ».

3.7.7 Les éléments difficiles d'accès

Les éléments difficiles d'accès ont été définis à la section 1.3.1.3 du présent manuel. Lorsque toutes les conditions énumérées dans cette section sont respectées, les données de l'inspection générale précédente peuvent alors être reportées à la nouvelle inspection générale.

Dans le système GSQ, l'inspecteur doit indiquer « Donnée reportée » dans le champ « Nature de l'inspection ».

3.8 L'AVIS TECHNIQUE DE FISSURATION DU BÉTON

3.8.1 Les éléments visés par l'avis technique de fissuration

L'avis technique sur la fissuration est un processus mis en place pour statuer sur l'incidence structurale des fissures observées sur certains éléments, en béton armé ou en béton précontraint, afin d'orienter et de gérer la problématique de façon sécuritaire.

L'avis technique de fissuration doit être réalisé lorsque des fissures d'une certaine dimension, structurale ou en apparence structurale, sont observées sur les éléments décrits dans le tableau 3.8-1. Lorsque les critères pour démarrer l'avis technique sont rencontrés, la case « Avis technique – fissuration béton » doit être cochée dans le système GSQ et les différentes étapes du processus décrites à la section 3.8.3 doivent être réalisées.

Tableau 3.8-1 Critères pour démarrer le processus d'avis technique de fissuration du béton

Ouverture de la fissure	Matériau	Élément	Type de fissure
≥ 0,8 mm	Béton armé	Poutres (chap. 7)	Flexion ou cisaillement
		Dalles épaisses avec armature de cisaillement (chap. 8)	
		Chevêtres sur colonnes ou en porte-à-faux (chap. 6)	
		Béquilles de portique (chap. 6)	
≥ 0,3 mm	Béton précontraint	Poutres (chap. 7)	Flexion ou cisaillement
		Dalles épaisses avec armature de cisaillement (chap. 8)	
		Béquilles de portique (chap. 6)	
≥ 0,8 mm	Béton armé	Dalles épaisses sans armature de cisaillement (chap. 8)	Flexion
> 0,0 mm	Béton armé	Dalles épaisses sans armature de cisaillement (chap. 8)	Cisaillement
≥ 1,5 mm	Béton armé	Diaphragmes (chap. 7)	Flexion ou cisaillement

3.8.2 Les éléments non visés

L'évaluation de la fissuration pour les éléments de béton autres que ceux ciblés par l'avis technique de fissuration (par exemple une fissure dans un mur de front) doit se baser sur les critères généraux relatifs à l'aptitude d'un élément à jouer son rôle qui se trouvent à la section 3.4.1.

Pour ces éléments, il est également possible qu'un suivi de la fissuration soit recommandé dans le but de vérifier si une fissure est active ou passive.

3.8.3 Les étapes de l'avis technique de fissuration

La réalisation de l'avis de fissuration peut nécessiter la collaboration de plusieurs intervenants, en commençant par l'inspecteur sur le terrain, qui devra décrire de façon détaillée le patron de la fissuration observée, jusqu'à l'ingénieur responsable de l'inspection, au chargé de projet et à l'ingénieur responsable des structures (IRS) qui, dans la majorité des cas, auront à évaluer l'« importance » de la fissuration. Ce jugement permettra de statuer sur une cote CEC finale et de proposer des interventions s'il y a lieu.

La Direction des structures demeure disponible pour guider le cheminement des intervenants, et dans certains cas, pour réaliser des études plus poussées, telle une évaluation de capacité portante. Il y a trois étapes principales pour réaliser l'avis technique de fissuration du béton.

ÉTAPE 1 : LE RELEVÉ DE FISSURATION

Cette étape est réalisée sur le terrain par les inspecteurs. Elle est essentielle pour bien décrire une fissure ou un patron de fissuration et pour permettre de faire un suivi dans le temps. Le relevé dimensionnel de la fissuration consiste en une série de données recueillies sur le terrain, telles que la localisation, la représentation graphique montrant la fissuration sur les deux faces de l'élément lorsque cela est possible (avec photographies à l'appui), le nombre, l'ouverture et la longueur des fissures, ainsi que toute autre information jugée pertinente.

ÉTAPE 2 : L'ANALYSE DE LA FISSURATION

Cette étape est réalisée par l'ingénieur responsable de l'inspection. Au besoin, celui-ci peut consulter l'ingénieur chargé de projet ou l'ingénieur responsable des structures (IRS) lorsque l'inspection est réalisée par le personnel du Ministère.

Le but de l'analyse est de statuer sur l'incidence structurale des fissures observées. À partir du relevé de fissuration, la nature de la fissuration (flexion, cisaillement ou autre) peut normalement être déterminée. De plus, en se basant sur certaines données d'inventaire (âge, chargement de conception) et sur des détails figurant sur les plans de

la structure (configuration de l'armature), il est possible d'établir la sensibilité structurale du béton dans une certaine zone et, par conséquent, de statuer sur l'impact d'une fissure au niveau du comportement d'un élément.

Il y a trois conclusions possibles suite à l'analyse. D'abord, lorsque l'analyse démontre que la fissuration n'a pas d'incidence structurale, alors la cote CEC peut être réévaluée à la hausse à moins que d'autres défauts pouvant réduire la capacité de l'élément soient également présents.

Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque l'analyse démontre que la fissuration a une incidence structurale, alors une intervention doit être réalisée (voir la section 3.12.2).

Enfin, lorsque l'analyse ne permet pas de statuer sur l'incidence structurale de la fissuration, alors l'IRS peut décider d'intervenir, de faire un suivi de la fissuration ou de transférer le dossier à la Direction des structures pour qu'une étude plus poussée soit réalisée, comme une évaluation de la capacité portante.

Le suivi de la fissuration peut être utile pour vérifier si l'ouverture d'une fissure est stable ou si elle continue à progresser dans le temps. L'éventail de méthodes pour réaliser un suivi de fissures est très étendu, à partir d'une simple mesure avec un fissuromètre jusqu'à la mise en place d'une instrumentation sophistiquée.

La figure 3.8-1 présente les différents cheminements décrits ci-dessus sous forme de logigramme.

ÉTAPE 3 : LA FINALISATION DU PROCESSUS

Une fois le processus d'avis technique complété, la conclusion de l'analyse doit être inscrite dans le GSQ dans l'espace prévu pour les commentaires au niveau de l'élément concerné et la case « Avis technique - fissuration du béton » est décochée.

3.8.4 Cas spécifique des dalles épaisses en béton armé ou en béton précontraint sans armature de cisaillement

Lorsque des fissures en cisaillement présentent une ouverture inférieure ou égale à 0,3 mm, une cote de comportement de 3 doit être attribuée à l'élément concerné et un suivi de fissuration doit être planifié annuellement pendant les trois premières années suivant le démarrage du processus d'avis technique de fissuration.

Il faut cependant s'assurer que les mesures d'ouverture doivent être prises dans des conditions météorologiques similaires et que la case « Avis technique de fissuration » doit demeurer activée au GSQ tout le long du processus de suivi.

Si l'ouverture des fissures n'évolue pas au-delà de 0,3 mm, l'intervalle peut être ramené à la fréquence des inspections générales et la case « Avis technique de fissuration » peut être désactivée. Par contre, si l'ouverture des fissures dépasse 0,3 mm, une cote de comportement de 1 doit être attribuée à l'élément concerné et le processus d'analyse de fissuration amorcé de nouveau.

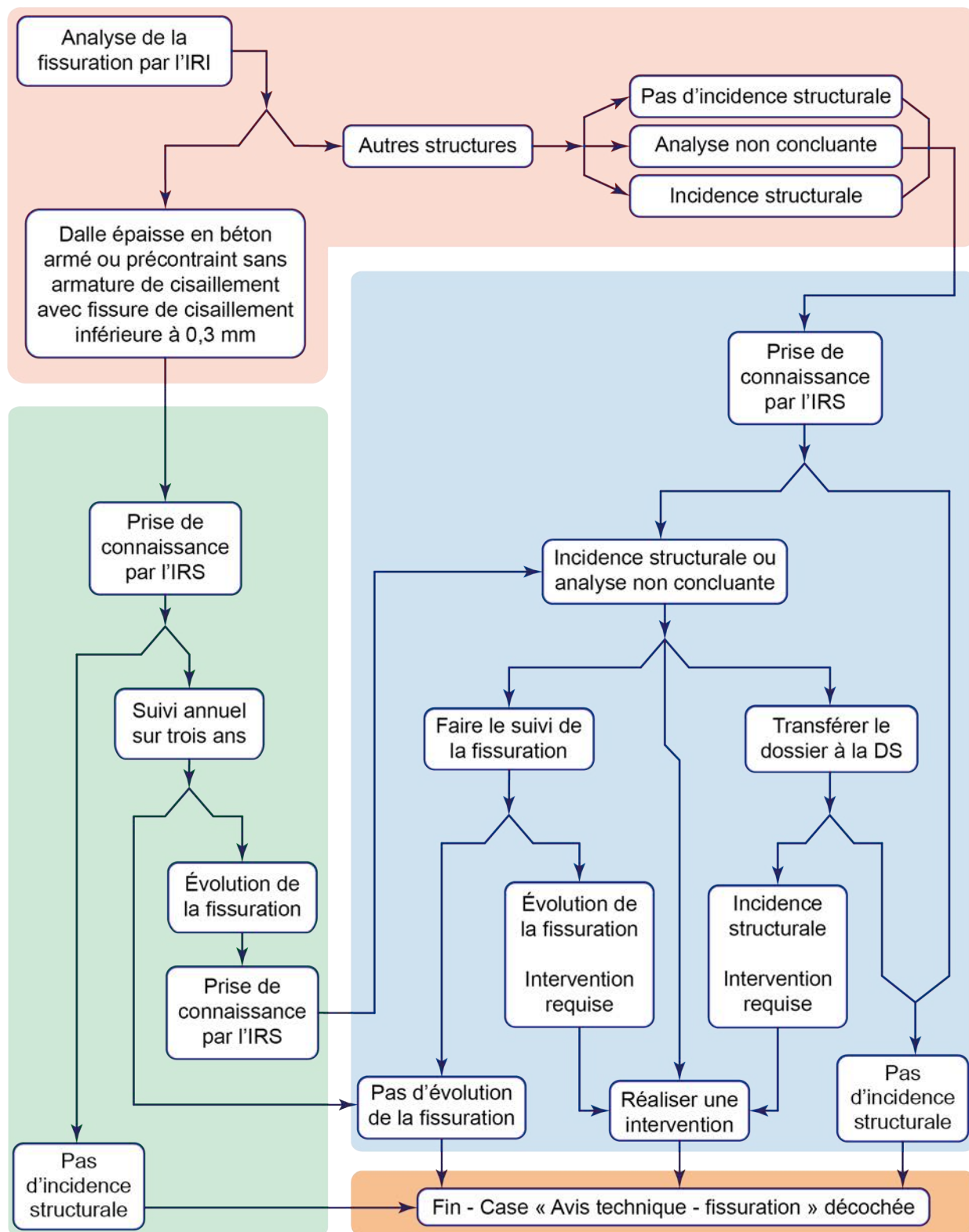


Figure 3.8-1 Cheminements possibles pour un avis de fissuration

3.9 RISQUE DE CHUTE DE FRAGMENTS DE BÉTON

Lors de l'inspection générale, si les inspecteurs jugent qu'il y a un risque de chute de fragments sur les voies de circulation routière, ferroviaire ou piétonnière, alors une équipe doit se rendre sur les lieux afin de procéder à une opération de sécurisation telle que décrite à l'activité 1081 – Enlèvement de fragments de béton du *Manuel d'entretien des structures*. Pour les autres cas, par exemple les murs ou les structures situées au-dessus d'un cours d'eau, cela est laissé au jugement de l'ingénieur en fonction de l'occupation des lieux. De plus, afin de faciliter le travail de l'équipe de sécurisation, les inspecteurs devraient préciser la localisation des zones problématiques.

Simultanément, la case « Suivi – Risque de chute de fragments de béton » doit être cochée dans le système GSQ à l'onglet Compléments – Insp. générale et ce, pour démarrer de façon formelle le processus de suivi.

Une fois l'opération de sécurisation complétée, le suivi doit demeurer actif et l'équipe doit retourner sur les lieux selon les dispositions du *Processus de gestion – Sécurisation des structures présentant un risque de chutes de fragments de béton* du Ministère afin de vérifier l'état des zones problématiques et de procéder, s'il y a lieu, à l'enlèvement de nouveaux fragments jugés potentiellement dangereux.

Le suivi par l'équipe de sécurisation doit se poursuivre jusqu'à ce qu'un ingénieur constate et juge qu'il n'y a plus de risque de chute de fragments de béton dans les zones ayant été ciblées. Ce constat peut être fait lors de l'inspection générale subséquente, ou avant, par le biais d'une inspection partielle. C'est seulement dans ces circonstances que la case « Suivi – Risque de chute de fragments de béton » peut être décochée dans le système GSQ. De plus, un commentaire devra être inscrit au même onglet, en indiquant le nom de l'ingénieur ainsi que la date de la dernière opération de sécurisation.

De façon à faciliter le suivi des opérations de sécurisation, il est possible d'inscrire des informations suivantes dans le système GSQ : la date de la demande, les intervenants, les détails de la demande, la fréquence des opérations et les dates de réalisation des opérations.

3.10 RISQUE DE CHUTE DE STRATES DE ROUILLE D'ACIER

Lors de l'inspection générale, une attention particulière doit être apportée aux ponts comportant des poutres en acier ordinaire ou AT surplombant des zones accessibles à une circulation motorisée, piétonnière ou cycliste.

Lorsque les inspecteurs constatent que des strates de rouille peuvent chuter dans une zone de circulation, celles-ci doivent être enlevées par les inspecteurs, à condition que cette opération puisse être effectuée facilement et de façon sécuritaire. Dans le cas contraire, des dispositions doivent être prises pour réaliser une opération de sécurisation visant à enlever les strates de rouille le plus rapidement possible.

De plus, l'inspecteur devra cocher la case « Risque de chute de strates de rouille » qui est disponible au système de gestion des structures (GSQ) permettant ainsi d'identifier les ponts possédant ce risque.

Pour les structures qui franchissent une route sous la gestion du Ministère, mais qui sont sous la responsabilité d'un autre organisme telle une compagnie de chemin de fer, la case à cocher sera disponible lors des inspections annuelles.

3.11 INSPECTION DES POUTRES TRIANGULÉES

L'inspection d'une structure à poutres triangulées exige que chaque élément composant la charpente principale soit séparé en sous-éléments. On vise ici les éléments « corde inférieure », « corde supérieure », « montants », « diagonales », « contreventements », « portique d'extrémité », « assemblages », « longerons » et « entretoises » qui sont composés de plusieurs sous-éléments. Chaque sous-élément doit être inspecté individuellement.

Pour ce faire, une inspection de poutres triangulées requiert :

- des croquis montrant les différents sous-éléments d'une charpente métallique;
- l'identification de chacun des éléments et l'attribution d'un numéro d'identification unique;
- lors de l'inspection, l'identification des défauts et leurs inscriptions sur les croquis;
- lors de la saisie des données de l'inspection, une référence aux croquis d'inspection pour le positionnement des défauts;
- le classement des croquis dans Livelink et en faciliter l'accès via le « Suivi des documents » au GSQ.

Les types de structure visés par le présent article sont les types 61, 62, 63, 65, 72, 74 et 76.

Un outil servant à l'inspection sur place et à la compilation des données d'inspection en vue de la saisie au GSQ est disponible via le site intranet de la Direction des structures. Cet outil consiste en un fichier Microsoft Excel permettant de générer des fiches d'inspection tenant compte de tous les éléments principaux d'une structure à poutres triangulées et d'en compiler les résultats au GSQ. Ces fiches constituent le carnet de notes de l'inspecteur.

Un guide d'utilisation est aussi disponible. Ce guide fournit les prescriptions relatives à l'identification de chacun des sous-éléments ainsi qu'à l'utilisation de l'outil. Par ailleurs, ce guide peut permettre à un inspecteur d'évaluer la conformité des documents d'inspection qu'il utilise actuellement.

Il est fortement recommandé que les croquis avec la numérotation des éléments soient réalisés par le personnel du Ministère puisque cette opération en est une d'inventaire. Les données pourront alors être saisies dans l'outil de façon à générer les fiches d'inspection nécessaires.

Enfin, l'utilisation de l'outil est facultative mais l'usage d'autres documents pour l'inspection et la compilation des données doivent répondre en tout point aux critères mentionnés auparavant.

3.12 LES MESURES PROPOSÉES PAR LE SYSTÈME D'INSPECTION

3.12.1 Les priorités d'intervention

Idéalement, tous les défauts qui affectent les éléments d'une structure devraient être réparés afin de prévenir une dégradation pouvant entraîner une diminution de capacité de la structure ou des problèmes de sécurité pour les usagers.

Toutefois, étant donné que les contraintes conjoncturelles de budgets et de capacité de réalisation des travaux, il devient essentiel d'établir des priorités d'intervention en fonction de l'importance des défauts.

Les interventions sont généralement priorisées à partir de considérations diverses dont la principale est le délai d'intervention suggéré qui est associé à l'importance des défauts détectés. Cette relation est exprimée dans le tableau 3.12-1.

Tableau 3.12-1 Délais d'intervention

CEC	Délais d'intervention
4	Aucune intervention suggérée avant 10 ans
3	Intervention suggérée d'ici 6 à 10 ans
2	Intervention suggérée d'ici 5 ans
1	Intervention suggérée d'ici 2 ans

Le délai d'« Intervention suggérée d'ici deux ans » ne doit pas être associé à une notion d'urgence. Il indique plutôt que l'intervention visée doit être effectuée à court terme et en priorité par rapport à d'autres. En cas d'urgence, une action immédiate doit être entreprise. Il est également possible de ne pas intervenir selon les délais suggérés mais dans ce cas, la décision doit être justifiée.

De plus, il est à noter que le terme « intervention » ne vise pas exclusivement des travaux de réparation ou de réfection, mais peut également s'appliquer à une mesure comme la mise en place d'un affichage.

3.12.2 Les défauts pouvant affecter la capacité de la structure

Les structures du réseau routier doivent être en bon état afin de garantir leur intégrité, particulièrement parce que des véhicules lourds y circulent (le transport lourd conforme aux charges légales ou le transport en surcharge autorisé à circuler par un permis général ou spécifique).

Étant donné que le comportement d'une structure est relié directement au comportement de ses éléments principaux, un indicateur est utilisé pour faire ressortir rapidement du système GSQ les défauts pouvant affecter la capacité structurale ou la stabilité d'une structure. Il s'agit de l'indicateur CECS (cote d'évaluation du comportement de la structure) qui est la plus basse cote CEC attribuée lors de l'inspection parmi les éléments principaux de la structure.

Lorsque l'indicateur CECS d'une structure est égal à 1, l'ingénieur responsable doit analyser la situation afin de s'assurer qu'il n'y a pas d'urgence. Lorsqu'une intervention ou des mesures de sécurité sont nécessaires, celles-ci doivent être déployées au plus tôt.

Différents types d'intervention sont possibles selon la situation :

- une **restriction de charges** en accord avec la Direction des structures;
- une **demande d'avis technique** à la Direction des structures. Une inspection spéciale et une évaluation de la capacité portante peuvent alors suivre;
- la réalisation de **travaux** qui peuvent avoir un caractère **temporaire** ou **permanent**.

Les mesures entraînant une restriction de charges ou même la fermeture d'une structure à la circulation doivent demeurer en place aussi longtemps qu'un avis différent n'aura pas été rendu par l'ingénieur responsable ou tant que les travaux de réparation des défauts n'auront pas été effectués.

De plus, les structures visées par ces mesures doivent être signalées immédiatement à la Direction des structures, qui est chargée de l'analyse des demandes de permis de transport en surcharge et de la mise à jour du site internet des ponts avec limitations de poids.

3.12.3 Les défauts pouvant affecter la sécurité des usagers

Les mesures pouvant être considérées pour assurer la sécurité des usagers dans le cas d'un mauvais comportement d'éléments principaux ou secondaires sont les suivantes :

- la mise en place d'une signalisation spéciale pour avertir les automobilistes ou les piétons des dangers;
- la consolidation de glissières;

- l'exécution de travaux mineurs, tels la mise en place :
 - de sections de glissière ou de barrière de sécurité pour remplacer une section de dispositif de retenue endommagée par un accident;
 - d'une plaque d'acier pour recouvrir un trou dans la dalle;
 - d'un cordon de soudure pour assujettir une plaque de joint de tablier qui claque, etc.

Les mesures relatives à la sécurité doivent être discutées avec la direction territoriale et l'ingénieur responsable de l'inspection, puis mises en place le plus tôt possible.

CHAPITRE 4

DÉFAUTS DE MATÉRIAUX

TABLE DES MATIÈRES

4.1	GÉNÉRALITÉS	4-1
4.2	LE BÉTON	4-1
4.2.1	La désagrégation et l'érosion par abrasion	4-2
4.2.2	La corrosion de l'armature	4-5
4.2.3	Le délaminage	4-7
4.2.4	L'éclatement	4-9
4.2.5	La fissuration	4-11
4.2.6	Les autres défauts du béton	4-15
4.3	LA MAÇONNERIE	4-18
4.3.1	La fissuration	4-18
4.3.2	La désagrégation	4-19
4.4	L'ACIER	4-21
4.4.1	La corrosion	4-21
4.4.2	La fissuration	4-26
4.4.3	Les autres défauts de l'acier	4-29
4.5	L'ALUMINIUM	4-31
4.5.1	La corrosion	4-31
4.5.2	La fissuration	4-35
4.5.3	Les autres défauts de l'aluminium	4-35
4.6	LE BOIS	4-35
4.6.1	La pourriture et le trou d'insecte	4-36
4.6.2	L'usure par abrasion	4-39
4.6.3	Les autres défauts du bois	4-40

4.7	L'ENROBÉ	4-44
4.7.1	La fissuration	4-45
4.7.2	Le nid-de-poule	4-47
4.7.3	L'orniérage et les ondulations	4-48
4.7.4	Les autres défauts de l'enrobé	4-50
4.8	TABLEAUX RÉSUMÉS DES DÉFAUTS	4-51
4.9	EXEMPLES	4-55

FIGURE

Figure 4.4-1	Mesure de la perte de section d'une paroi mince en acier	4-23
--------------	--	------

TABLEAUX

Tableau 4.2-1	Degrés de sévérité associés à la désagrégation et à l'érosion par abrasion	4-2
Tableau 4.2-2	Degrés de sévérité associés à la corrosion de l'armature	4-5
Tableau 4.2-3	Degré de sévérité associé au délaminage du béton	4-7
Tableau 4.2-4	Degré de sévérité associé à l'éclatement du béton	4-9
Tableau 4.2-5	Degrés de sévérité de la fissuration dans le béton armé ou précontraint	4-14
Tableau 4.2-6	Degrés de sévérité de la fissuration dans le béton de masse	4-14
Tableau 4.3-1	Degrés de sévérité associés à la fissuration dans la maçonnerie	4-19
Tableau 4.3-2	Degrés de sévérité associés à la désagrégation de la maçonnerie	4-20
Tableau 4.4-1	Degrés de sévérité associés à la corrosion de l'acier	4-22
Tableau 4.4-2	Degré de sévérité associé à la fissuration de l'acier	4-26
Tableau 4.5-1	Degrés de sévérité associés à la corrosion de l'aluminium	4-32
Tableau 4.5-2	Degré de sévérité associé à la fissuration de l'aluminium	4-35
Tableau 4.6-1	Degrés de sévérité associés à la pourriture du bois et au trou d'insecte	4-37
Tableau 4.6-2	Degrés de sévérité associés à l'usure par abrasion du bois	4-39
Tableau 4.7-1	Degrés de sévérité associés à la fissuration de l'enrobé	4-47
Tableau 4.7-2	Degrés de sévérité associés au nid-de-poule	4-48
Tableau 4.7-3	Degrés de sévérité associés à l'orniérage et aux ondulations	4-49
Tableau 4.8-1	Défauts du béton	4-52
Tableau 4.8-2	Défauts de la maçonnerie	4-53
Tableau 4.8-3	Défauts de l'acier	4-53

Tableau 4.8-4	Défauts de l'aluminium	4-54
Tableau 4.8-5	Défauts du bois	4-54
Tableau 4.8-6	Défauts de l'enrobé	4-55

4.1 GÉNÉRALITÉS

Dans le présent chapitre, les principaux défauts qui peuvent être observés et qui doivent être évalués lors de l'inspection sont décrits pour les matériaux suivants :

- le béton;
- la maçonnerie;
- l'acier;
- l'aluminium;
- le bois;
- l'enrobé.

4.2 LE BÉTON

Le béton est principalement combiné à de l'acier d'armature pour former du béton armé ou à de l'acier de précontrainte pour former du béton précontraint. Il est aussi utilisé dans les structures comme béton de masse.

Les défauts du béton sont souvent reliés à un manque de durabilité et peuvent être causés par un mauvais dosage des matériaux, une mise en place incorrecte, un contrôle de la qualité déficient ou encore un environnement rigoureux.

Les principaux défauts du béton sont :

- la désagrégation et l'érosion par abrasion;
- la corrosion de l'armature;
- le délaminage;
- l'éclatement;
- la fissuration.

D'autres défauts plus mineurs peuvent également être observés tels que :

- le joint froid;
- les dépôts;
- le nid de cailloux;
- le cratère.

4.2.1 La désagrégation et l'érosion par abrasion

La désagrégation est la détérioration physique du béton en particules. La désagrégation est causée principalement par l'effet des cycles de gel-dégel, dans un béton présentant un réseau de bulles d'air déficient. Les photographies 4.2-1 a) et b) montrent la désagrégation du béton.

L'érosion par abrasion est le détachement progressif de fragments à la surface du béton, résultant du frottement de la glace ou de l'eau chargée de pierres ou de gravier. Les photographies 4.2-1 c) et d) montrent l'érosion par abrasion.

L'érosion par abrasion est l'indice d'un béton d'une durabilité trop faible pour l'environnement dans lequel il se trouve.

Tableau 4.2-1 Degrés de sévérité associés à la désagrégation et à l'érosion par abrasion

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Détérioration du béton et détachement de granulats jusqu'à 25 mm de profondeur
Moyen	B	Détérioration du béton et détachement de granulats de 25 mm à 50 mm de profondeur
Important	C	Détérioration du béton et détachement de granulats de 50 mm à 100 mm de profondeur
Très important	D	Détérioration du béton et détachement de granulats sur plus de 100 mm de profondeur



Photo 4.2-1 a) Désagrégation moyenne d'un mur de soutènement



Photo 4.2-1 b) Désagrégation très importante du côté extérieur d'un pont



Photo 4.2-1 c) Érosion légère de la semelle d'une pile



Photo 4.2-1 d) Érosion très importante de la partie inférieure du mur de front

4.2.2 La corrosion de l'armature

La corrosion de l'armature est la transformation électrochimique de l'état initial de l'acier. L'alcalinité du béton protège l'armature de la corrosion. Toutefois, cette protection disparaît quand les ions chlorure pénètrent le béton et atteignent l'armature.

Des taches de rouille à la surface du béton sont les premiers signes de corrosion de l'armature. À un stade plus avancé, le béton recouvrant l'armature est fissuré, délaminé puis éclaté, laissant à découvert des barres d'armature très corrodées. Ce processus est illustré par les photographies 4.2-2 a), b) et c).

Tableau 4.2-2 Degrés de sévérité associés à la corrosion de l'armature

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Aucune trace de rouille
Moyen	B	Traces de rouille à la surface du béton ou armature apparente, mais aucune diminution de section de l'armature
Important	C	Armature apparente rouillée et diminution de section de la barre d'armature jusqu'à 30 %
Très important	D	Armature apparente très rouillée et diminution de section de la barre d'armature supérieure à 30 %



Photo 4.2-2 a) Tache de rouille à la surface du béton – Corrosion moyenne de l'armature



Photo 4.2-2 b) Armature apparente rouillée, mais diminution de section négligeable
Corrosion moyenne de l'armature



Photo 4.2-2 c) Corrosion très importante de l'armature et barres sectionnées

4.2.3 Le délaminage

Le délaminage est une fissuration interne du béton, généralement à l'interface du béton et de l'armature, sans qu'il n'y ait détachement. Les photographies 4.2-3 a) et b) montrent le délaminage. En apparence, le béton de recouvrement peut sembler sain, mais en frappant la surface avec un marteau ou en traînant une chaîne, on obtient une résonance creuse. Plus de détails concernant la méthode de détection du délaminage par percussion sont disponibles dans la section 4.4 du *Manuel d'entretien des structures*.

Le délaminage est généralement causé par la pression due à la corrosion de l'armature. Le délaminage peut aussi être engendré par la fatigue du matériau soumis à des efforts internes. Ce phénomène peut se produire sans qu'il y ait de rouille sur l'armature. Lorsque les barres d'armature sont très rapprochées, la fissuration s'étend dans le plan des barres, parallèlement à la surface du béton. Le délaminage peut également affecter le béton de réparation qui présente une mauvaise adhérence.

En raison du fort potentiel d'évolution de la dégradation d'un béton délaminé, seul le degré de sévérité « important » est attribué au délaminage.

Tableau 4.2-3 Degré de sévérité associé au délaminage du béton

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Important	C	Présence de délaminage



Photo 4.2-3 a) Délaminage du dessous d'une poutre



Photo 4.2-3 b) Délaminage du dessous d'une poutre

4.2.4 L'éclatement

L'éclatement est le détachement de fragments de béton de la masse principale causé par l'action des éléments extérieurs, la pression due à la corrosion de l'armature ou à la formation de glace dans les parties délaminées. Les fragments se caractérisent par des arêtes vives.

L'éclatement peut également être causé par une compression excessive, une collision de véhicule, le mouvement des glaces et d'autres impacts contre un élément en béton. Les photographies 4.2-4 a), b) et c) montrent l'éclatement du béton.

À la suite de l'éclatement, l'armature est généralement exposée à l'air libre et sujet à une détérioration accélérée; ainsi, seul le degré de sévérité « important » est attribué à l'éclatement.

Tableau 4.2-4 Degré de sévérité associé à l'éclatement du béton

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Important	C	Présence d'éclatement



Photo 4.2-4 a) Éclatement du béton dû à un impact



Photo 4.2-4 b) Éclatement du béton du côté extérieur d'un pont dû à la corrosion de l'armature



Photo 4.2-4 c) Éclatement et délaminage en dessous d'une poutre

4.2.5 La fissuration

Une fissure est une fracture linéaire qui traverse partiellement ou complètement le béton. Les fissures peuvent être longitudinales, transversales, diagonales ou polygonales.

Les fissures longitudinales sont parallèles à l'axe longitudinal d'un élément. Dans le cas d'une pile par exemple, ces fissures sont verticales, tandis dans le cas d'une poutre, elles sont horizontales. Quant aux fissures transversales, elles sont parallèles à l'axe transversal d'un élément. Dans le cas d'une culée, ces fissures sont horizontales. Finalement, les fissures diagonales sont inclinées par rapport aux axes principaux de l'ouvrage et les fissures polygonales forment un réseau dans diverses directions.

Les fissures sont produites par des contraintes de traction dans le béton qui peuvent être causées par l'application de charges, des restrictions de mouvement, des contraintes internes, des tassements différentiels ou par la corrosion de l'armature. En effet, l'application de charges sur un élément de la structure génère, à l'intérieur de l'élément, des contraintes de traction et de compression nécessaires à son équilibre statique. Initialement, ces contraintes sont contenues par le béton et l'armature jusqu'à ce qu'elles excèdent la résistance en traction du béton. Au-delà de cette limite, le béton se fissure et les contraintes sont entièrement reprises par l'armature. Dans le béton armé et le béton précontraint, la distribution et la largeur des fissures sont en lien avec la disposition de l'armature. Les fissures qui se développent dans les parties en traction sont d'abord filiformes et sans gravité. Toutefois, elles s'élargissent et s'accroissent à mesure que la traction augmente dans l'armature. Selon leur emplacement, leur importance et leur évolution, les fissures peuvent être un indice du comportement déficient d'un élément. La photographie 4.2-5 a) montre des fissures causées par la corrosion de l'armature.



Photo 4.2-5 a) Fissures causées par la corrosion de l'armature

Dans des conditions humides, la réactivité de certains granulats aux alcalis du ciment produit un gonflement du béton. Le gonflement provoque la fissuration et la détérioration de toute la masse du béton. Cette réaction est généralement lente, mais une fois déclenchée, elle est irréversible et impossible à arrêter. La photographie 4.2-5 b) montre des fissures causées par la réaction alcali-granulat (RAG).



Photo 4.2-5 b) Fissures causées par la réaction alcali-granulat

Les tassements différentiels produisent une redistribution des réactions externes et des efforts internes dans la structure. Il en résulte des contraintes de traction additionnelles et conséquemment l'apparition de fissures. La photographie 4.2-5 c) montre des fissures produites par des tassements différentiels.



Photo 4.2-5 c) Fissures causées par des tassements différentiels

La photographie 4.2.5 d) montre des fissures de retrait qui sont généralement peu profondes et se développent en forme de réseau.



Photo 4.2-5 d) Fissures polygonales

Tableau 4.2-5 Degrés de sévérité de la fissuration dans le béton armé ou précontraint

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Aucune fissuration
Moyen	B	Ouverture de fissure inférieure à 0,8 mm
Important	C	Ouverture de fissure comprise entre 0,8 et 3,0 mm
Très important	D	Ouverture de fissure supérieure à 3,0 mm

Tableau 4.2-6 Degrés de sévérité de la fissuration dans le béton de masse

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Aucune fissuration
Moyen	B	Ouverture de fissure inférieure à 2,0 mm
Important	C	Ouverture de fissure comprise entre 2,0 et 6,0 mm
Très important	D	Ouverture de fissure supérieure à 6,0 mm

L'ouverture de la fissure à considérer est la largeur de l'espace entre les deux parties de béton qui sont dissociées; par conséquent, il ne faut pas tenir compte de l'effritement ou de l'éclatement du béton qui pourrait y avoir de chaque côté de l'ouverture de la fissure.

Il est important de noter que seul le fissuromètre du Ministère doit être utilisé dans le cadre des inspections réalisées pour le Ministère. La section 1.6.1 mentionne la façon de se le procurer.

Dans le cas où des travaux d'injection de fissures à l'époxy ont eu lieu, il faut considérer que le béton n'est plus fissuré, à moins de voir réapparaître de nouvelles fissures.

4.2.6 Les autres défauts du béton

4.2.6.1 Le joint froid

Le joint froid est un plan de faiblesse causé par une interruption ou un retard lors des opérations de bétonnage. Il se forme lorsqu'une coulée de béton commence à durcir avant que la suivante ne soit mise en place. Un exemple de joint froid est montré sur la photographie 4.2-6 a).

Généralement, le joint froid, bien qu'il puisse laisser soupçonner une faiblesse potentielle du béton, ne correspond pas à un début de détérioration. Il n'y a aucun degré de sévérité de gravité associé au joint froid; sa présence doit cependant être notée.



Photo 4.2-6 a) Joint froid

4.2.6.2 Les dépôts

Les dépôts se forment lorsque l'eau, qui s'infiltre dans le béton, dissout et filtre les produits chimiques, puis les dépose à la surface :

- efflorescence : dépôt de sel, généralement blanc et poudreux. Un exemple est montré sur la photographie 4.2-6 b);
- stalactite : dépôt d'hydroxyde de calcium qui s'observe sous forme de glaçons suspendus à la surface du béton et qui se transforme avec le temps en calcite. Ce type de dépôt est présenté sur la photographie 4.2-6 c).

Il n'y a aucun degré de sévérité associé à l'importance des dépôts; leur présence doit cependant être notée, puisqu'elle est le signe d'une certaine porosité du béton.



Photo 4.2-6 b) Efflorescence sous une dalle



Photo 4.2-6 c) Stalactites sous une dalle

4.2.6.3 Le nid de cailloux

Le nid de cailloux est un défaut local caractérisé par un manque d'enrobage des granulats par le ciment. Il se produit lorsque la vibration du béton est incomplète et crée des vides entre les gros granulats. La photographie 4.2-6 d) montre le nid de cailloux.

Il n'y a aucun degré de sévérité associé au nid de cailloux; sa présence doit cependant être notée.



Photo 4.2-6 d) Nid de cailloux

4.2.6.4 Le cratère

Le cratère est un petit trou conique et peu profond apparaissant à la surface et causé par la rupture d'une petite partie de béton, à la suite d'un gonflement des granulats ou de l'action du gel. La photographie 4.2-6 e) montre le cratère.

Il n'y a aucun degré de sévérité associé au cratère; sa présence doit cependant être notée.



Photo 4.2-6 e) Cratères

4.3 LA MAÇONNERIE

La maçonnerie est un ouvrage composé de pierres de taille ou de moellons joints par du mortier. On retrouve la maçonnerie dans les culées, les piles et les murs de soutènement. Les principaux défauts de la maçonnerie sont la fissuration et la désagrégation.

4.3.1 La fissuration

Une fissure est une fracture linéaire qui traverse partiellement ou complètement un élément de maçonnerie. Les fissures sont causées par des tassements différentiels, des contraintes thermiques, l'effet des cycles de gel-dégel ou les surcharges excessives. La photographie 4.3-1 montre la fissuration.

Lorsque la liaison entre le mortier et la pierre est faible, des fissures en zigzags dans les joints de mortier apparaissent sur le contour des pierres. Lorsque les efforts internes sont supérieurs à la résistance de la pierre, des fissures rectilignes peuvent même traverser les pierres.

Tableau 4.3-1 Degrés de sévérité associés à la fissuration dans la maçonnerie

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Aucune fissure
Moyen	B	Ouverture de fissure inférieure à 2,0 mm
Important	C	Ouverture de fissure comprise entre 2,0 et 6,0 mm
Très important	D	Ouverture de fissure supérieure à 6,0 mm



Photo 4.3-1 Fissure moyenne dans la pierre et les joints d'un ouvrage en maçonnerie

4.3.2 La désagrégation

La désagrégation est la détérioration physique du mortier, et parfois même de la pierre, causée par les rigueurs du climat, l'effet des cycles gel-dégel, la végétation, l'érosion ou l'action des acides, des chlorures et des sulfates. La perte de mortier dans les joints, le fendillement de la pierre et la dégradation superficielle de la pierre calcaire sont des signes de désagrégation. À un stade plus avancé, la désagrégation peut mettre en danger la stabilité de l'ouvrage. La photographie 4.3-2 montre la désagrégation de la maçonnerie.

Tableau 4.3-2 Degrés de sévérité associés à la désagrégation de la maçonnerie

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Désagrégation superficielle de la pierre ou perte de mortier jusqu'à 25 mm de profondeur
Moyen	B	Pierres légèrement fissurées ou perte de mortier de 25 à 50 mm de profondeur
Important	C	Pierres très fissurées ou perte de mortier de 50 à 100 mm de profondeur
Très important	D	Perte de pierres ou perte de mortier sur plus de 100 mm de profondeur



Photo 4.3-2 Décollement des pierres du revêtement d'une pile par l'eau et les glaces (désagrégation très importante)

4.4 L'ACIER

L'acier est un alliage presque entièrement composé de fer (95 % et plus). Les autres éléments les plus importants qui le composent sont le carbone et le manganèse.

Le développement de l'acier de construction s'est fait à partir de la fonte et du fer forgé pour en arriver à l'acier au carbone, l'acier résistant à la corrosion atmosphérique et l'acier possédant des propriétés de résistance améliorée à basse température.

Les principaux défauts de l'acier sont :

- la corrosion;
- la fissuration.

D'autres désordres peuvent également être observés tels que :

- les déformations permanentes.

4.4.1 La corrosion

La corrosion est la dégradation de l'état métallique initial de l'acier sous l'action du milieu ambiant, due à l'état instable du fer, son principal composant.

Le processus de réduction du fer inhérent à la fabrication de l'acier rompt l'équilibre naturel qui existe lorsque le fer est associé à l'oxygène. Pour retrouver cet équilibre, le fer contenu dans l'acier se combine à l'oxygène et à l'eau pour former un oxyde de fer communément appelé rouille.

La corrosion résulte de multiples réactions électrochimiques. Ces réactions combinent la conductivité de l'eau en contact avec le métal et les réactions chimiques intervenant entre le métal et l'eau.

Différents facteurs influencent la rapidité du processus de corrosion de l'acier.

FACTEURS PRIMAIRES

- la conductivité du milieu ambiant;
- le pH du milieu ambiant (acidité ou basicité);
- la température ambiante.

FACTEURS SECONDAIRES

- les sels et les ions chlorure;

- les autres minéraux et les impuretés de l'eau;
- les gaz polluant l'atmosphère;
- le contact entre métaux différents;
- la concentration d'oxygène dans l'eau;
- la perméabilité du sol.

La corrosion survient lorsque l'acier n'est pas protégé ou lorsque la protection se détériore. La rouille commence par des piqûres qui se creusent à la surface du métal. À mesure que la rouille progresse, ces piqûres se transforment en lamelles puis en strates qui, en se détachant, laissent apparaître des cavités à la surface. Ce processus entraîne une diminution progressive de la section d'acier. Les photographies 4.4-1 a), b), c) et d) montrent différents stades de corrosion de l'acier.

L'acier résistant à la corrosion atmosphérique (l'acier AT) comporte des éléments d'alliage qui modifient le processus normal de corrosion. Dans des conditions climatiques normales, ce type d'acier développe en surface une pellicule de rouille dense et adhérente suffisamment imperméable pour empêcher l'oxydation du métal sous-jacent et toute corrosion ultérieure. Il ne faut donc pas considérer une perte de section pour la pellicule de rouille protectrice de l'acier AT. Toutefois, cette pellicule protectrice peut, à la longue, être pénétrée par l'humidité ou être altérée par l'air salin et les fumées industrielles, permettant ainsi à la corrosion de progresser en profondeur.

Tableau 4.4-1 Degrés de sévérité associés à la corrosion de l'acier

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Aucune diminution de la section de l'acier
Moyen	B	Diminution de section de l'acier inférieure à 10 %
Important	C	Diminution de section de l'acier de 10 à 30 %
Très important	D	Diminution de section d'acier de plus de 30 %

La présence de piqûres à la surface de l'acier ainsi que la formation de stratification indiquent qu'un élément en acier peut présenter une certaine diminution de section. Plus la stratification s'épaissit, plus la diminution de section devient importante et se poursuit parfois jusqu'à la perforation de la paroi. Cependant, le simple constat des piqûres, lamelles ou strates ne suffit pas à caractériser la diminution de section réelle.

L'estimation de la réduction de section à partir de l'épaisseur de la stratification peut mener à une mauvaise interprétation de l'état du matériau et parfois, à une cote de comportement erronée. L'inspecteur doit toujours confirmer les pertes de section par l'enlèvement des couches de stratification. Cependant, l'étendue de la rouille de surface et de la stratification servira à estimer les superficies affectées.

Il faut également préciser que la perte de section affecte toujours les deux côtés d'une paroi mince. La figure 4.4-1 montre la façon de quantifier les surfaces affectées selon ce que la corrosion est présente sur une ou deux faces d'une paroi mince.

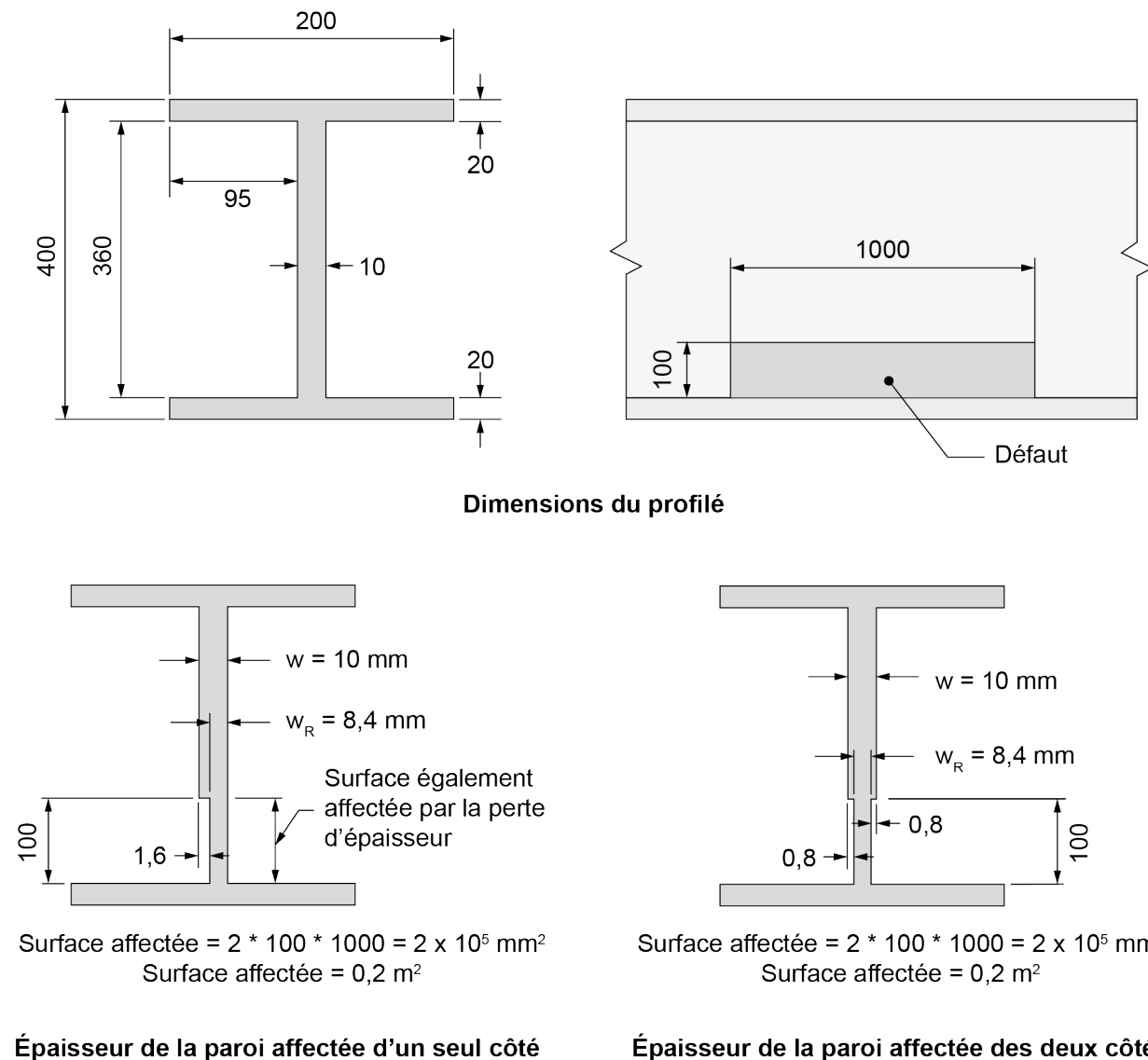


Figure 4.4-1 Mesure de la perte de section d'une paroi mince en acier

Lorsqu'un élément en acier a subi des pertes de section dues à la corrosion, mais que cet élément a été repeint par la suite, le processus de dégradation par corrosion est alors interrompu. Cependant, la perte de section étant encore présente, l'état du matériau demeure au même degré de sévérité qu'avant les travaux de protection. Il en est de même pour la cote de comportement (CEC) qui doit également refléter la perte de capacité de l'élément résultant de la diminution de section par rapport à la section d'origine.



Photo 4.4-1 a) Corrosion légère d'un élément en acier



Photo 4.4-1 b) Corrosion moyenne d'une poutre à âme pleine



Photo 4.4-1 c) Corrosion importante d'une poutre à âme pleine



Photo 4.4-1 d) Corrosion très importante d'un longeron

4.4.2 La fissuration

Une fissure est une fracture linéaire qui traverse partiellement ou complètement une membrure métallique. Les fissures sont généralement la conséquence de la fatigue du métal soumis à des contraintes et à des déformations variables. Elles surviennent habituellement aux points de concentration des efforts de traction, aux assemblages soudés ou aux terminaisons des soudures. La figure 2.4-14 du chapitre 2 « Analyse des structures » montre les zones propices à la fissuration. Les fissures peuvent aussi être causées ou aggravées par une surcharge excessive, l'impact d'un véhicule ou l'affaiblissement d'une membrure par la corrosion. Une fissuration dans l'acier peut affecter l'intégrité structurale d'une membrure et de la structure et par conséquent, seul le degré de sévérité « très important » lui est attribué.

Comme les fissures peuvent être cachées par la rouille, la poussière ou les débris, les zones propices à la fissuration doivent être nettoyées avant l'inspection.

L'emplacement de la fissure dans une membrure et l'emplacement de la membrure dans la structure doivent être notés. De plus, la longueur, la largeur et l'orientation de la fissure ainsi que des photographies doivent être colligées afin d'être analysées par l'ingénieur responsable de l'inspection. Les photographies 4.4-2 a), b), c) et d) montrent des exemples de fissuration dans des éléments en acier.

Tableau 4.4-2 Degré de sévérité associé à la fissuration de l'acier

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Très important	D	Présence de fissuration

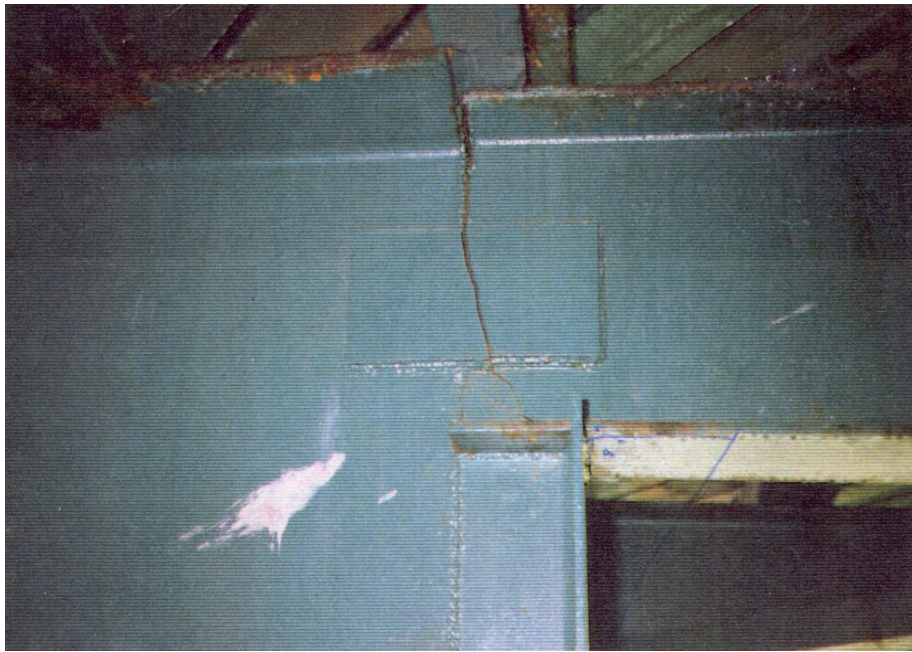


Photo 4.4-2 a) Fissure dans un assemblage soudé



Photo 4.4-2 b) Fissure dans un assemblage riveté



Photo 4.4-2 c) Fissure dans une zone de discontinuité



Photo 4.4-2 d) Fissure dans l'âme d'une poutre à l'extrémité d'un raidisseur

4.4.3 Les autres défauts de l'acier

4.4.3.1 Les déformations permanentes

Les déformations permanentes d'une membrure apparaissent sous la forme de fléchissement, de déversement, de voilement, de flambement, de torsion ou d'une combinaison de ces déformations. Elles sont causées par une surcharge, par l'impact d'un véhicule ou par un contreventement endommagé, insuffisant ou inexistant. Les photographies 4.4-3 a), b) et c) montrent des exemples d'éléments avec déformations permanentes.

Le fléchissement et le déversement sont des déformations permanentes que subit une membrure sollicitée en flexion par les charges qu'elle supporte. Le fléchissement peut également affecter toute autre membrure, à la suite de l'impact d'un véhicule. Le déversement se produit lorsque la partie comprimée d'une poutre, insuffisamment contreventée, est sollicitée en flexion.

Le voilement est une ondulation locale d'une paroi soumise à des contraintes de compression.

Le flambement est une déviation globale permanente de l'axe longitudinal d'une membrure soumise à un effort de compression.

La torsion est un gauchissement permanent d'une membrure à la suite de la rotation d'une de ses parties autour de son axe longitudinal. Elle est généralement le résultat de l'application d'une charge excentrique transversale sur la membrure.

Comme la déformation permanente ne correspond pas généralement à un processus de dégradation en évolution, mais plutôt circonstanciel, il n'y a pas de degré de sévérité associé à l'importance de la déformation permanente lors de l'évaluation du matériau, mais la présence de ce défaut doit être notée. Cependant, comme la déformation permanente peut affecter l'intégrité structurale d'un élément ou de la structure, il est impératif d'évaluer ce défaut selon le comportement de l'élément déficient.

Des photographies et des mesures des déformations doivent être prises afin qu'elles puissent être analysées par l'ingénieur responsable de l'inspection.



Photo 4.4-3 a) Déformation de la corde inférieure d'une poutre triangulée



Photo 4.4-3 b) Fléchissement d'une entretoise



Photo 4.4-3 c) Voilement de raidisseurs à l'intérieur d'une poutre-caisson

4.5 L'ALUMINIUM

L'aluminium a déjà été utilisé pour la fabrication de certains modèles de dispositifs de retenue et pour la construction d'un pont, mais il est surtout utilisé pour la fabrication de lampadaires et de poteaux pour luminaires et de supports métalliques pour la signalisation routière.

Les principaux défauts de l'aluminium sont :

- la corrosion;
- la fissuration.

D'autres désordres peuvent également être observés tels que :

- les déformations permanentes.

4.5.1 La corrosion

La corrosion est la dégradation de l'état métallique initial de l'aluminium, sous l'action du milieu ambiant, caractérisée par une décoloration de la surface et l'apparition de piqûres et de boursouflures. L'aluminium offre une bonne résistance à la corrosion, même s'il a pour l'oxygène une affinité encore plus grande que le fer. La pellicule dense et adhérente qui se forme graduellement et uniformément sur les surfaces exposées aux conditions climatiques normales est suffisante pour prévenir la corrosion.

La corrosion se développe surtout dans les endroits qui emprisonnent l'humidité et les débris, particulièrement à proximité des joints et des assemblages. La présence de sels déglacant ou l'exposition aux fumées industrielles ou aux excréments d'oiseaux peuvent empêcher la formation de l'alumine ou la dissoudre, exposant ainsi le métal sous-jacent. Par la suite, le processus de corrosion se poursuit, entraînant une diminution de la section du métal. Les photographies 4.5-1 a), b), c) et d) montrent la corrosion de l'aluminium.

Le contact de l'aluminium avec un autre métal ou du béton peut provoquer la corrosion. Un matériau inerte ou un revêtement de mastic bitumineux isolant l'aluminium du béton prévient cette réaction.

Comme pour l'acier, il faut également préciser que la perte de section affecte toujours les deux côtés d'une paroi mince et celle-ci s'évalue de la même façon montrée à la figure 4.4-1.

Tableau 4.5-1 Degrés de sévérité associés à la corrosion de l'aluminium

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Aucune diminution de la section de l'aluminium
Moyen	B	Diminution de section de l'aluminium inférieure à 10 %
Important	C	Diminution de section de l'aluminium de 10 à 30 %
Très important	D	Diminution de la section de l'aluminium supérieure à 30 %



Photo 4.5-1 a) Corrosion légère de l'aluminium



Photo 4.5-1 b) Corrosion moyenne de l'aluminium



Photo 4.5-1 c) Corrosion importante de l'aluminium



Photo 4.5-1 d) Corrosion très importante et perforation de l'aluminium

4.5.2 La fissuration

La fissuration dans l'aluminium s'apparente à celle dans l'acier (voir la section 4.4.2). Une fissuration dans l'aluminium peut affecter l'intégrité structurale d'une membrure et de la structure et par conséquent, seul le degré de sévérité « très important » lui est attribué.

Comme les fissures peuvent être cachées par les résidus provenant de la corrosion, la poussière ou les débris, les zones propices à la fissuration doivent être nettoyées avant l'inspection.

L'emplacement de la fissure dans une membrure et l'emplacement de la membrure dans la structure doivent être notés. De plus, la longueur, la largeur et l'orientation de la fissure ainsi que des photographies doivent être colligées afin d'être analysées par l'ingénieur responsable de l'inspection.

Tableau 4.5-2 Degré de sévérité associé à la fissuration de l'aluminium

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Très important	D	Présence de fissuration

4.5.3 Les autres défauts de l'aluminium

4.5.3.1 Les déformations permanentes

Les déformations permanentes de l'aluminium s'apparentent à celles de l'acier et elles sont traitées de la même manière. Il n'y a donc aucun degré de sévérité attribué au niveau du matériau, mais ce défaut doit être pris en compte lors de l'évaluation de la cote de comportement (cote CEC).

4.6 LE BOIS

Le bois fut l'un des premiers matériaux à être employé dans la construction des structures. De nos jours, le bois est principalement utilisé pour la construction des ponts acier-bois et de certains murs de soutènement.

Les défauts du bois sont liés à plusieurs facteurs dont les principaux sont la présence de champignons ou d'insectes destructeurs. D'autres facteurs favorisent la dégradation du bois tels que la circulation des véhicules, le mouvement des glaces et même le feu.

Les principaux défauts du bois sont :

- la pourriture et le trou d'insecte;
- l'usure par abrasion.

D'autres défauts peuvent également être observés tels que :

- le vieillissement;
- l'altération physique;
- le bois brûlé.

4.6.1 La pourriture et le trou d'insecte

La pourriture est la décomposition de la matière ligneuse du bois causée par l'action de champignons. En plus de la présence de champignons destructeurs, il y a des conditions essentielles pour que la pourriture se développe, soit :

- un degré d'humidité adéquat;
- une aération permettant l'oxygénation;
- une température favorable.

Les premiers signes de pourriture sont les changements de couleur du bois, puis la pourriture entraîne la perte de densité du bois, le ramollissement et, par conséquent, une perte de résistance. Les photographies 4.6-1 a), b) et c) montrent la pourriture.

La pourriture est souvent rencontrée :

- sur du bois en contact permanent avec le sol;
- sur la partie des pièces de bois située au niveau de la surface de l'eau;
- aux endroits où l'humidité est emprisonnée tels les appuis et les surfaces de contact des assemblages;
- dans les fissures du bois où l'eau peut pénétrer.

L'évolution de la pourriture est associée au ramollissement de la structure cellulaire du bois et elle peut être évaluée en frappant le bois à l'aide d'un objet pointu, comme la pointe d'un marteau de géologue. La pourriture peut également être détectée par une résonance creuse produite par le martelage du bois.

Le trou d'insecte est une altération caractérisée par une diminution de section et de résistance d'une pièce de bois, à la suite du creusage de galeries par des insectes tels les termites et les coléoptères.

Le degré de sévérité de la pourriture et du trou d'insecte est établi à partir de la résistance qu'offre le bois à la pénétration de la pointe d'un marteau de géologue.

Tableau 4.6-1 Degrés de sévérité associés à la pourriture du bois et au trou d'insecte

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Grande résistance du bois à la pénétration de la pointe d'un marteau de géologue
Moyen	B	Résistance limitée du bois à la pénétration de la pointe d'un marteau de géologue ou correspondant à une profondeur d'enfoncement jusqu'à 20 mm
Important	C	Résistance faible du bois à la pénétration de la pointe d'un marteau de géologue ou correspondant à une profondeur d'enfoncement supérieure à 20 mm et avec fibres de bois commençant à se détacher
Très important	D	Résistance minime ou aucune résistance du bois à la pénétration de la pointe d'un marteau de géologue



Photo 4.6-1 a) Pourriture moyenne d'un poteau de glissière



Photo 4.6-1 b) Pourriture importante de l'extrémité d'une pièce de caisson



Photo 4.6-1 c) Pourriture très importante d'un poteau de glissière à l'approche

4.6.2 L'usure par abrasion

L'usure par abrasion est caractérisée par une légère dépression creusée entre les nœuds d'une pièce de bois et une diminution de section. Elle est le résultat de la friction générée par la circulation des véhicules combinée à l'effet d'abrasion du gravier. Elle peut également être le résultat du frottement des chasse-neige et des niveleuses sur le platelage ou des glaces contre les culées et les piles. Les photographies 4.6-2 a) et b) montrent l'usure par abrasion.

Tableau 4.6-2 Degrés de sévérité associés à l'usure par abrasion du bois

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Diminution de la section inférieure à 10 %
Moyen	B	Diminution de la section de 10 à 20 %
Important	C	Diminution de la section de 20 à 30 %
Très important	D	Diminution de la section supérieure à 30 %



Photo 4.6-2 a) Usure légère d'un platelage en bois



Photo 4.6-2 b) Usure très importante d'un platelage en bois

4.6.3 Les autres défauts du bois

4.6.3.1 Le vieillissement

Le vieillissement est la détérioration du bois exposé aux différentes conditions atmosphériques telles que : le soleil, la pluie, le vent et le gel. Les nombreuses gerces, fentes et roulures qui en résultent deviennent des zones propices à la pourriture.

- Gerce : Fissure perpendiculaire aux anneaux de croissance qui va de la surface vers le milieu d'une pièce et qui résulte ordinairement du séchage. On la trouve sur une ou plusieurs faces d'une pièce et elle s'étend longitudinalement;
- Fente : Fissure à travers les anneaux de croissance qui va d'une face à l'autre d'une pièce et qui résulte du déchirement des cellules du bois. On la trouve généralement aux extrémités d'une pièce;
- Roulure : Fissure qui se propage le long des anneaux de croissance du bois. Elle s'étend longitudinalement et peut affecter une partie de l'épaisseur d'une pièce ou la traverser totalement d'une face à sa face opposée ou à sa face adjacente.

La photographie 4.6-3 a), montre les défauts dus au vieillissement. Généralement, le vieillissement, bien qu'il laisse soupçonner la faiblesse potentielle d'une pièce de bois, indique plutôt une détérioration éventuelle. À un stade très avancé, la surface se ramollit, ce qui correspond à un processus de pourriture.

L'importance du vieillissement dépend de la quantité, de la longueur et de la profondeur des fissures qui affectent les pièces doit être notée seulement.



Gerce



Gerces



Fente



Roulures

Photo 4.6-3 a) Les défauts dus au vieillissement du bois

4.6.3.2 L'altération physique

L'altération physique résulte d'une surcharge excessive ou d'un impact sur l'élément. Les éléments les plus vulnérables sont ceux déjà affaiblis par la pourriture ou les trous d'insectes.

On distingue trois types d'altération physique :

- la fêlure;
- la rupture;
- l'écrasement.

La fêlure est une séparation incomplète d'une pièce de bois. La fêlure perpendiculaire aux fibres est causée par des efforts de flexion dus à une surcharge excessive. La fêlure parallèle aux fibres est causée par le cisaillement ou bien constitue la continuité d'une fente. Lorsque la séparation devient complète, on parle alors de rupture de la pièce de bois. L'écrasement est une déformation permanente perpendiculaire aux fibres à la suite de la perte d'élasticité engendrée par une compression excessive. Les photographies 4.6-3 b), c) et d) montrent ces différents types d'altération physique.

Comme l'altération physique ne correspond pas à un processus de dégradation évolutif, mais plutôt circonstanciel, ce défaut n'est pas évalué selon l'état du matériau, mais il doit être noté.

Cependant, puisque l'altération physique peut affecter l'intégrité structurale d'une pièce de bois ou d'un élément, il est important d'évaluer ce défaut selon le comportement de l'élément déficient. L'emplacement de l'altération dans une pièce de bois et l'identification de l'élément affecté doit être noté, et des photographies des altérations physiques doivent être prises.



Photo 4.6-3 b) Fêlure d'une pièce



Photo 4.6-3 c) Rupture d'une pièce de caisson



Photo 4.6-3 d) Écrasement d'une pièce de caisson

4.6.3.3 Le bois brûlé

Le bois brûlé est caractérisé par son aspect calciné et une possible diminution de section. Normalement, l'inspecteur ne devrait pas observer ce type de défaut lors des inspections courantes car sa cause est accidentelle et, souvent, une intervention rapide est nécessaire.

Étant donné que ce défaut ne correspond pas à un processus de dégradation évolutif, mais plutôt circonstanciel, il n'est pas évalué selon l'état du matériau, mais il doit être noté.

Cependant, puisque l'altération peut affecter l'intégrité structurale d'une pièce de bois ou d'un élément, il est important d'évaluer ce défaut selon le comportement de l'élément déficient. L'emplacement de l'altération dans une pièce de bois et l'identification de l'élément affecté doivent être notés et des photographies doivent être prises.

4.7 L'ENROBÉ

Le matériau le plus utilisé comme surface de roulement sur les ponts au Québec est l'enrobé bitumineux. L'enrobé est donc exposé aux effets du climat et aux sels de déglacage et subit les pressions directes des véhicules et les réactions dues au tablier.

Ces actions sont susceptibles d'engendrer la dégradation du revêtement, tout comme un mauvais mélange des granulats réduit la résistance à l'usure et à la compression de l'enrobé.

L'enrobé doit être le moins perméable possible, car les eaux pénétrant le revêtement cheminent jusqu'à la dalle ou bien jusqu'à la membrane d'étanchéité où elles peuvent être difficilement évacuées. Cette présence d'eau dans le revêtement peut alors être à l'origine de nombreuses dégradations.

Les principaux défauts de l'enrobé sont :

- la fissuration;
- le nid-de-poule;
- l'orniérage et les ondulations.

D'autres défauts peuvent également être observés tels que :

- le ressuage et le polissage.

4.7.1 La fissuration

Une fissure est une fracture linéaire qui traverse partiellement ou complètement l'enrobé.

Les fissures sont classifiées selon leur apparence ou leur orientation. On distingue :

- les fissures transversales;
- les fissures longitudinales;
- les fissures polygonales.

Les fissures transversales sont perpendiculaires à la chaussée et les fissures longitudinales sont à peu près parallèles au sens de la circulation. Quant aux fissures polygonales, elles constituent un réseau de fissures couvrant généralement toute la surface de la chaussée. Les photographies 4.7-1 a) et b) montrent des exemples de fissuration.



Photo 4.7-1 a) Fissures longitudinales dans l'enrobé



Photo 4.7-1 b) Fissures polygonales dans l'enrobé

Le trafic lourd, les défauts de fabrication du mélange bitumineux, un mauvais épandage, un compactage insuffisant, l'action du gel, un mauvais drainage, le retrait dû à l'abaissement de la température sont tous des facteurs qui, séparés ou combinés, peuvent entraîner la fissuration de l'enrobé.

La dégradation progressive d'une fissuration dans l'enrobé peut entraîner à moyen terme une décohéation du matériau et un détachement de fragments. Une dégradation très importante de l'enrobé peut, dans certains cas surtout où il n'y a pas de membrane d'étanchéité, entraîner une détérioration accélérée de la dalle de béton sous-jacente, observable par l'émergence d'un filtrat de béton en surface.

Tableau 4.7-1 Degrés de sévérité associés à la fissuration de l'enrobé

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Aucune fissure
Moyen	B	Fissures dont l'ouverture est inférieure à 15 mm
Important	C	Fissures dont l'ouverture varie de 15 à 30 mm
Très important	D	Fissures dont l'ouverture est supérieure à 30 mm ou avec détachement de fragments ou avec filtrat de béton

4.7.2 Le nid-de-poule

Le nid-de-poule est une cavité dans la chaussée, de forme arrondie et aux dimensions variées, résultant généralement d'un désenrobage ou d'un arrachement ou de la pelade. Il est causé par l'infiltration de l'eau dans le pavage, le soulèvement consécutif à l'action du gel et du dégel, et par le passage du trafic lourd qui disloque les particules. La photographie 4.7-2 montre un nid-de-poule.

Le désenrobage commence par la perte progressive des granulats fins et du bitume, laissant les gros granulats en relief et rendant la surface du revêtement rugueuse. L'arrachement survient à un stade plus avancé; les gros granulats sont alors arrachés, laissant voir de petites cavités sur la surface.

Le désenrobage et l'arrachement peuvent apparaître sur toute la surface du pavage, mais ils se trouvent le plus fréquemment le long des chasse-roues, des trottoirs et des bordures où s'écoule l'eau de drainage saturée de sel. Ils peuvent apparaître aussi le long des voies de roulement à cause de l'usure due au passage des véhicules et de l'effritement résultant du vieillissement du pavage.

Tableau 4.7-2 Degrés de sévérité associés au nid-de-poule

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Trou dans la chaussée, de forme arrondie, d'une profondeur inférieure à 20 mm
Moyen	B	Trou dans la chaussée, de forme arrondie, de 20 à 40 mm de profondeur
Important	C	Trou dans la chaussée, de forme arrondie, de 40 à 60 mm de profondeur
Très important	D	Trou dans la chaussée, de forme arrondie, d'une profondeur supérieure à 60 mm



Photo 4.7-2 Nid-de-poule moyen

4.7.3 L'orniérage et les ondulations

L'orniérage est en quelque sorte un affaissement du revêtement bitumineux le long des voies de roulement. Il est causé par le tassement de l'enrobé sous l'action répétée du passage des roues des véhicules. La photographie 4.7-3 a) montre l'orniérage dans l'enrobé.

Les ondulations sont des irrégularités de profil dans le pavage sous forme de vagues. Elles résultent principalement d'une mauvaise adhérence du revêtement à la surface sous-jacente, combinée au freinage et à la friction des roues qui entraînent des mouvements longitudinaux du revêtement. La photographie 4.7-3 b) montre les ondulations dans l'enrobé.

Tableau 4.7-3 Degrés de sévérité associés à l'orniérage et aux ondulations

Degré de sévérité	État du matériau	Description
Léger	A	Affaissement de l'enrobé le long des voies de roulement ou irrégularités de profil d'une profondeur inférieure à 10 mm
Moyen	B	Affaissement de l'enrobé le long des voies de roulement ou irrégularités de profil d'une profondeur variant de 10 à 20 mm
Important	C	Affaissement de l'enrobé le long des voies de roulement ou irrégularités de profil d'une profondeur variant de 20 à 40 mm
Très important	D	Affaissement de l'enrobé le long des voies de roulement ou irrégularités de profil d'une profondeur supérieure à 40 mm



Photo 4.7-3 a) Orniérage important



Photo 4.7-3 b) Ondulations importantes

4.7.4 Les autres défauts de l'enrobé

4.7.4.1 Le ressuage et le polissage

Le ressuage est une exsudation superficielle du bitume à la surface du revêtement. Il est causé par un excès de liant dans l'enrobé, lequel remonte vers la surface, ou par une trop grande quantité du liant d'accrochage sous la couche de roulement. Une circulation lourde, par temps chaud, compresse l'excès de bitume ou de liant et favorise le saignement.

Le ressuage se reconnaît par la présence de placards noirâtres et brillants à la surface du revêtement tel que montré sur la photographie 4.7-4.

Le polissage est une dégradation de la surface du revêtement bitumineux rendue lisse et glissante par l'usure des granulats.

Il n'y a pas de degré de sévérité associé aux défauts de ressuage et de polissage. S'ils sont observés, ces défauts doivent par contre faire l'objet d'une note à l'inspection. De plus, si l'inspecteur juge que les défauts rendent la surface de roulement glissante, cette situation doit être évaluée selon le comportement. Dans certains cas majeurs, cette déficience devrait être signalée sans délai aux personnes responsables de l'entretien, car les surfaces glissantes sont dangereuses pour les usagers.



Photo 4.7-4 Ressuage

4.8 TABLEAUX RÉSUMÉS DES DÉFAUTS

Les tableaux qui suivent présentent un résumé des défauts de matériaux associés aux quatre degrés de sévérité qui les caractérisent.

Tableau 4.8-1 Défauts du béton

DESCRIPTION DES DÉFAUTS	ÉTAT DU MATÉRIAU			
	A	B	C	D
Désagrégation ou érosion par abrasion Détérioration du béton et détachement de granulats à une profondeur	jusqu'à 25 mm	de 25 à 50 mm	de 50 à 100 mm	plus de 100 mm
Délaminage Décollement du béton de recouvrement sans qu'il n'y ait de détachement			présence	
Éclatement Détachement du béton de recouvrement			présence	
Corrosion de l'armature Dégradation de l'acier d'armature par la corrosion et Diminution de section de la barre due à la corrosion		trace de rouille à la surface du béton ou armature apparente aucune	armature apparente rouillée jusqu'à 30 %	armature apparente très rouillée plus de 30 %
Fissuration (béton armé ou précontraint) Ouverture de la fissure		inférieure à 0,8 mm	de 0,8 à 3 mm	supérieure à 3 mm
Fissuration (béton de masse) Ouverture de la fissure		inférieure à 2 mm	de 2 à 6 mm	supérieure à 6 mm
Défauts à noter	Dépôts, nids de cailloux, cratère, joint froid			

Tableau 4.8-2 Défauts de la maçonnerie

DESCRIPTION DES DÉFAUTS	ÉTAT DU MATÉRIAU			
	A	B	C	D
Désagrégation Perte de mortier à une profondeur ou Dégradation de la pierre	jusqu'à 25 mm superficielle	de 25 à 50 mm pierres légèrement fissurées	de 50 à 100 mm pierres très fissurées	plus de 100 mm perte de pierres
Fissuration Ouverture de fissure		inférieure à 2 mm	de 2 à 6 mm	supérieure à 6 mm

Tableau 4.8-3 Défauts de l'acier

DESCRIPTION DES DÉFAUTS		ÉTAT DU MATÉRIAU			
		A	B	C	D
Corrosion Diminution de section de l'acier due à la corrosion		aucune	inférieure à 10 %	de 10 à 30 %	plus de 30 %
Fissuration Fissure dans un élément					présence⁽¹⁾
Défauts à noter	Déformations permanentes d'une membrure sous la forme de fléchissement, de déversement, de flambement, de voilement, de torsion				
1. L'ingénieur responsable doit être immédiatement avisé si une fissure est observée dans un élément principal (poutre, entretoise, longeron, arc, banc, etc.).					

Tableau 4.8-4 Défauts de l'aluminium

DESCRIPTION DES DÉFAUTS		ÉTAT DU MATÉRIAU			
		A	B	C	D
Corrosion Diminution de section du métal due à la corrosion		aucune	inférieure à 10 %	de 10 à 30 %	plus de 30 %
Fissuration Fissure dans un élément					
Défauts à noter		Déformations permanentes d'une membrure sous la forme de fléchissement, de déversement, de flambement, de voilement, de torsion			
1. L'ingénieur responsable doit être immédiatement avisé si une fissure est observée dans un élément principal (poutre, entretoise, longeron, arc, banc, etc.).					

Tableau 4.8-5 Défauts du bois

DESCRIPTION DES DÉFAUTS		ÉTAT DU MATÉRIAU			
		A	B	C	D
Pourriture ou trou d'insecte Résistance du bois à la pénétration de la pointe d'un marteau de géologue		grande	limitée ou correspondant à une profondeur d'enfoncement jusqu'à 20 mm	faible ou correspondant à une profondeur d'enfoncement supérieure à 20 mm et fibres de bois commençant à se détacher	minime à aucune
Usure par abrasion Diminution de section		inférieure à 10 %	de 10 à 20 %	de 20 à 30 %	supérieure à 30 %
Défauts à noter	Vieillessement : détérioration du bois sous forme de gerce, de fente ou de roulure Altération physique: altération sous forme de fêlure, d'écrasement ou de rupture Bois brûlé: bois ayant subi une dégradation suite à un feu				

Tableau 4.8-6 Défauts de l'enrobé

DESCRIPTION DES DÉFAUTS	ÉTAT DU MATÉRIAU			
	A	B	C	D
Fissuration Ouverture de fissure dans l'enrobé		inférieure à 15 mm	de 15 à 30 mm	supérieure à 30 mm ou avec détachement de fragments ou avec filtrat de béton
Nid-de-poule Trou dans la chaussée, de forme arrondie, résultant de désenrobage, d'arrachement ou de pelade de profondeur	inférieure à 20 mm	de 20 à 40 mm	de 40 à 60 mm	supérieure à 60 mm
Orniérage ou ondulation Affaissement de l'enrobé le long des voies de roulement ou irrégularités de profil de profondeur	inférieure à 10 mm	de 10 à 20 mm	de 20 à 40 mm	supérieure à 40 mm
Défauts à noter	Polissage ou ressuage			

4.9 EXEMPLES

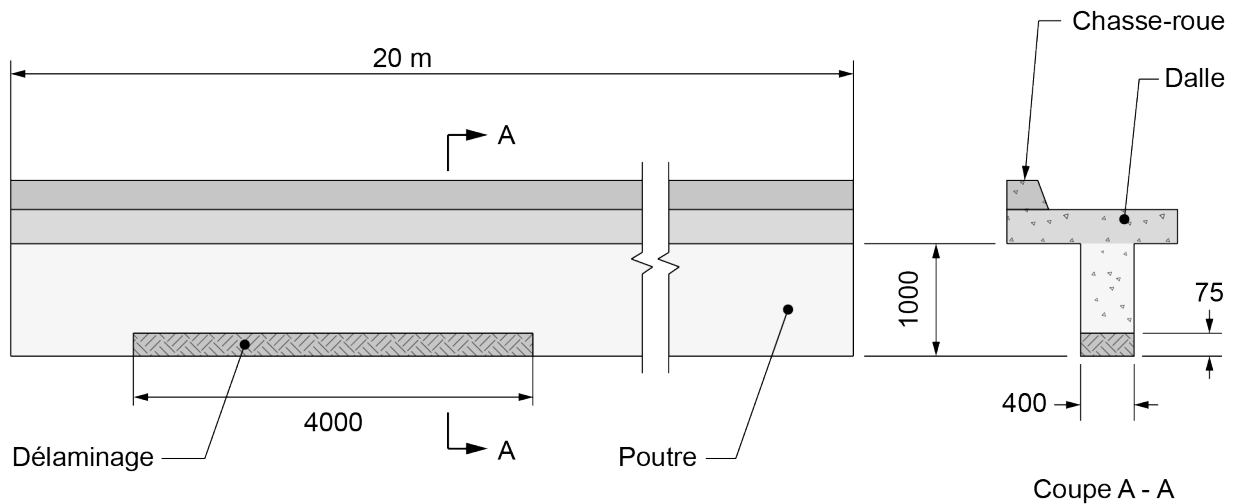
La section suivante présente quatre exemples montrant la façon d'évaluer l'étendue d'un défaut en termes de pourcentage. L'inspecteur doit se rappeler qu'il doit arrondir les résultats du calcul des pourcentages à l'unité près c'est-à-dire sans décimale.

Il doit aussi se rappeler que lorsqu'un élément est affecté par plusieurs défauts dans la même zone, le pire défaut doit être retenu. Par contre, lorsqu'un élément est affecté par plusieurs défauts dans des zones distinctes, l'état du matériau ainsi que l'étendue du défaut doivent être évalués pour chaque zone. Par la suite, lorsque des zones sont dans le même état, les pourcentages sont additionnés.

Enfin, rappelons que lorsque plusieurs éléments sont regroupés, comme c'est le cas, pour les colonnes d'une pile entre autres, l'inspecteur doit tenir compte de l'ensemble des éléments pour l'évaluation de l'état du matériau.

EXEMPLE 1 : ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU D'UNE POUTRE EN BÉTON

Dans cet exemple, il s'agit de calculer le pourcentage de la poutre affectée par le délaminage. Tel que mentionné au tableau 4.8-1, le délaminage du béton est un défaut correspondant à un degré de sévérité « important ». Ainsi, la partie de la poutre affectée par le délaminage doit être considérée comme étant à l'état C.



Calcul du pourcentage de la surface endommagée :

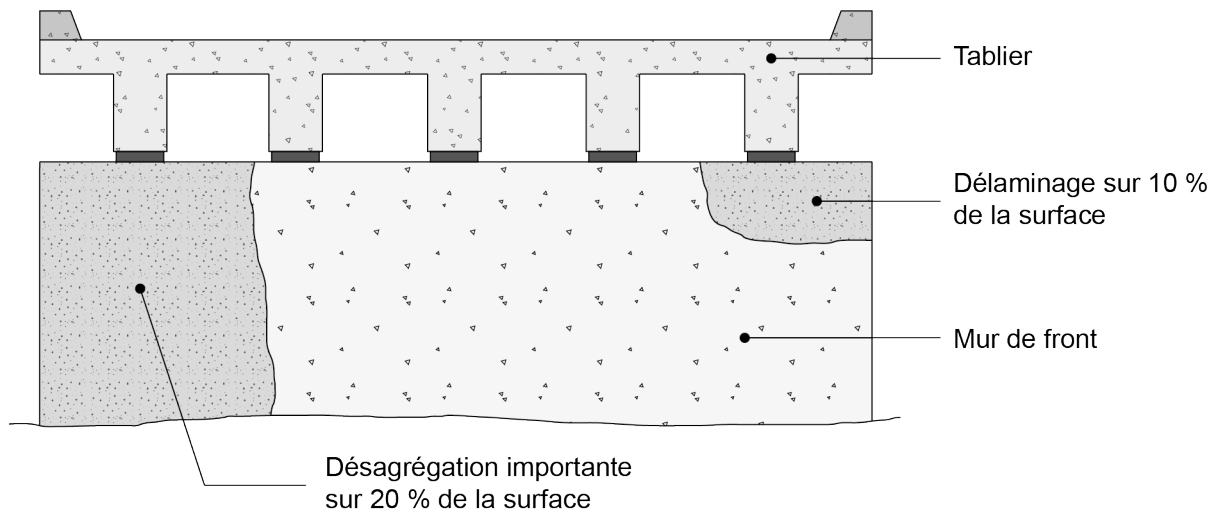
$$\frac{(400 + 2 * 75) \times 4\,000}{(400 + 2 * 1000) \times 20\,000} = 5 \%$$

En supposant que le reste de la poutre est en bon état et considérant que la somme des pourcentages des quatre états doit être égale à 100 %, le résultat de l'évaluation est donc :

Matériau	A = 95 %	B = 0 %	C = 5 %	D = 0 %
----------	----------	---------	---------	---------

EXEMPLE 2 : ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU D'UN MUR DE FRONT D'UNE CULÉE

Dans cet exemple, deux défauts sont observés dans des zones différentes d'un mur de front.



Désagréation importante sur 20 % de la surface = état C sur 20 % (Tableau 4.8-1)

Délaminage sur 10 % de la surface = état C sur 10 % (Tableau 4.8-1)

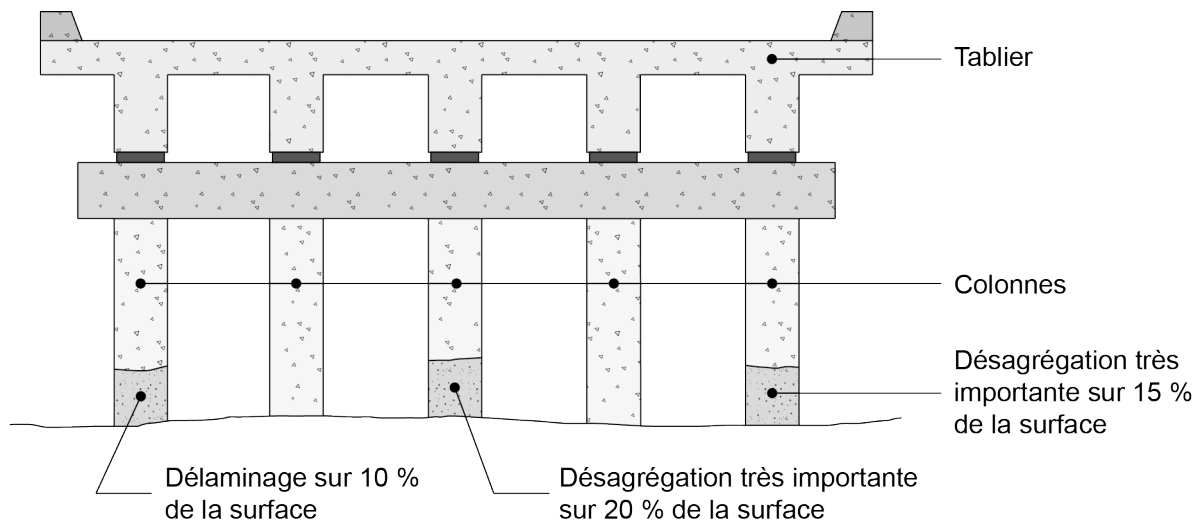
Bon état sur le reste de la surface = état A sur 70 % (Tableau 4.8-1)

Le résultat de l'évaluation du matériau du mur de front est donc :

Matériau	A = 70 %	B = 0 %	C = (20 + 10) = 30 %	D = 0 %
----------	----------	---------	----------------------	---------

EXEMPLE 3 : ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU DES COLONNES D'UNE PILE

Dans cet exemple, il s'agit de calculer le pourcentage de la surface des colonnes affectées par différents défauts.



Colonne 1 = Délaminage (état C, tableau 4.8-1) sur 10 % de la surface de la colonne. Étant donné qu'il y a cinq colonnes, le pourcentage total de l'état C est de 2 % (10 % / 5 colonnes)

Colonnes 3 et 5 = Désagrégation très importante (état D, tableau 4.8-1) sur (20 + 15) % = 35 %, ce qui équivaut à un pourcentage total de 7 % (35 % / 5 colonnes) pour toutes les colonnes

Bon état sur le reste de la surface des colonnes (état A) sur (100 % - (2 % + 7 %)) = 91 %

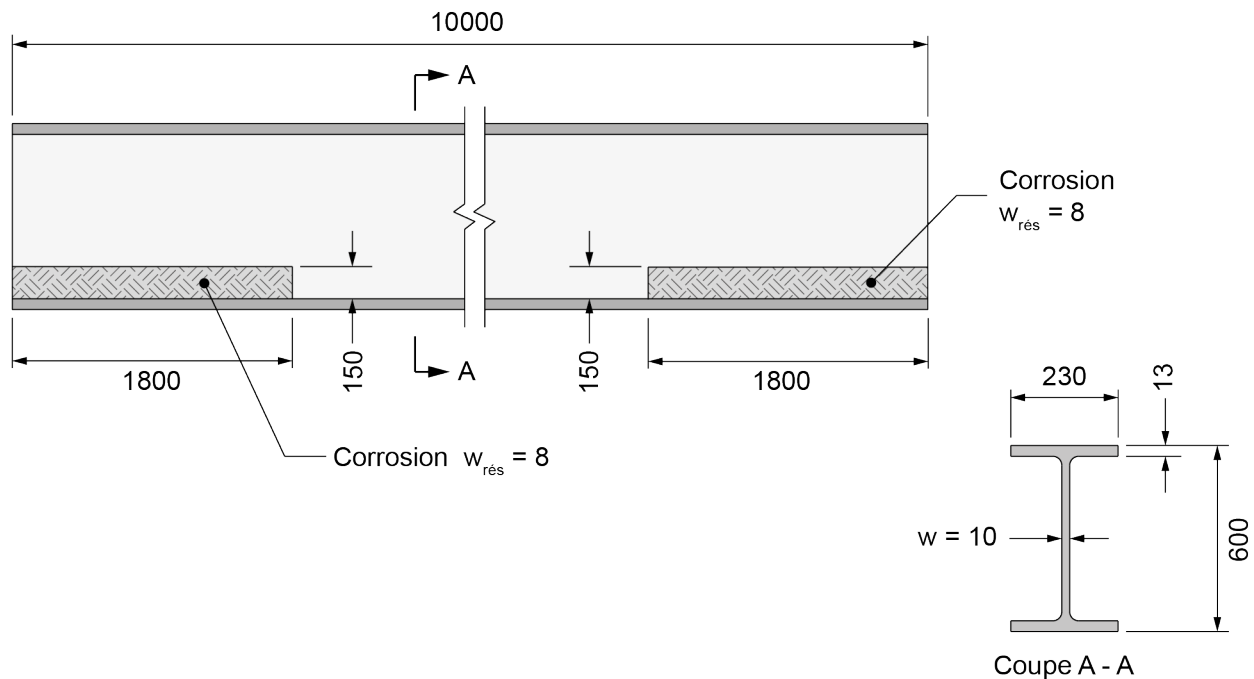
Le résultat de l'évaluation du matériau des colonnes est donc :

Matériau	A = 91 %	B = 0 %	C = 2 %	D = 7 %
----------	----------	---------	---------	---------

EXEMPLE 4 : ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU D'UNE POUTRE EN ACIER

Dans cet exemple, il s'agit de calculer le pourcentage de la poutre affectée par la corrosion. Ce défaut se situe au niveau de l'âme près des appuis et l'estimation de la perte de section de l'ordre de 10 à 20 %.

Selon le tableau 4.8-3, une telle perte de section correspond un à degré de sévérité « important » et représente donc un état C.



Calcul du pourcentage de la surface corrodée :

$$\frac{(150 \times 1800 + 150 \times 1800) \times 2}{(3 \times 230 + 2 \times 600) \times 10000} = 6 \%$$

En supposant que le reste de la poutre est en bon état et considérant que la somme des pourcentages des quatre états doit être égale à 100 %, le résultat de l'évaluation du matériau est donc :

Matériau	A = 94 %	B = 0 %	C = 6 %	D = 0 %
----------	----------	---------	---------	---------

CHAPITRE 5

COURS D'EAU ET REMBLAI

TABLE DES MATIÈRES

5.1	GÉNÉRALITÉS	5-1
5.2	LE COURS D'EAU	5-1
5.2.1	Le cours d'eau naturel	5-1
5.2.2	La forme d'un cours d'eau	5-3
5.2.3	Le rendement hydraulique des structures	5-9
5.2.4	Les altérations du cours d'eau	5-10
5.3	LA PROTECTION DU LIT	5-22
5.4	LE REMBLAI D'APPROCHE	5-22
5.4.1	L'affouillement	5-23
5.4.2	L'érosion	5-23
5.4.3	Le tassement	5-24
5.4.4	Le glissement	5-24
5.5	LA PROTECTION DE TALUS	5-26
5.5.1	Le déplacement	5-26
5.5.2	La désagrégation	5-26
5.5.3	La déchirure du géotextile	5-27
5.5.4	Le sectionnement des fils en acier des gabions	5-27
5.6	L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU	5-27
5.7	L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT	5-27
5.7.1	Général	5-27
5.7.2	Évaluation du comportement du cours d'eau	5-28

5.7.3	Évaluation du comportement de la protection du lit	5-28
5.7.4	Évaluation du comportement du remblai	5-28
5.7.5	Évaluation du comportement de la protection de talus	5-29

5.8 EXEMPLES 5-31

5.8.1	Le cours d'eau	5-31
5.8.2	La protection du lit	5-33
5.8.3	Le remblai	5-34
5.8.4	La protection de talus	5-35

FIGURES

Figure 5.2-1	Lits d'un cours d'eau	5-2
Figure 5.2-2	Principales formes de cours d'eau	5-3
Figure 5.2-3	Définition de la sinuosité (Si)	5-4
Figure 5.2-4	Sinuosité du thalweg	5-5
Figure 5.2-5	Cours d'eau à canaux multiples en période d'étiage	5-6
Figure 5.2-6	Géométrie d'un méandre	5-7
Figure 5.2-7	Distribution de la vitesse dans un méandre	5-8
Figure 5.2-8	Mouvement des sédiments dans un méandre	5-9
Figure 5.2-9	Affouillement général montrant le changement possible de l'alignement du lit affouillé	5-11
Figure 5.2-10	Coupe longitudinale d'un affouillement général	5-12
Figure 5.2-11	Configuration de l'écoulement – affouillement local d'une pile	5-13
Figure 5.2-12	Effet de l'écoulement pour des piles en biais	5-14
Figure 5.2-13	Affouillement local aux culées	5-16
Figure 5.2-14	Redressement de méandres	5-18
Figure 5.2-15	Localisation d'embâcles de glace	5-20
Figure 5.2-16	Accumulation de débris	5-21
Figure 5.4-1	Localisation du remblai d'approche	5-23
Figure 5.4-2	Le tassement du remblai d'approche	5-24
Figure 5.4-3	Types de glissement	5-25

TABLEAUX

Tableau 5.1-1	Éléments du groupe « Cours d'eau et remblai »	5-1
Tableau 5.7-1	Critères spécifiques – Comportement – Cours d'eau	5-29
Tableau 5.7-2	Critères spécifiques – Comportement – Protection du lit (ponceaux seulement)	5-29
Tableau 5.7-3	Critères spécifiques – Comportement – Remblai	5-30
Tableau 5.7-4	Critères spécifiques – Comportement – Protection de talus	5-30

5.1 GÉNÉRALITÉS

Les éléments qui font partie du groupe « Cours d'eau et remblai » sont traités dans le présent chapitre. Il s'agit des éléments présentés ci-dessous :

Tableau 5.1-1 Éléments du groupe « Cours d'eau et remblai »

Groupe	Élément	Niveau d'importance ⁽¹⁾	Caractéristiques dimensionnelles
Cours d'eau et remblai	Cours d'eau	S	S. O.
	Remblai	S	S. O.
	Protection de talus	S	S. O.
	Protection du lit ⁽²⁾	S	S. O.

1. P : principal S : secondaire

2. Pour les ponceaux seulement

5.2 LE COURS D'EAU

5.2.1 Le cours d'eau naturel

Un cours d'eau est naturel lorsqu'il n'est pas perturbé par des ouvrages quelconques, que ce soit un pont, un endiguement, un seuil ou toute autre construction artificielle.

Dans un cours d'eau, il existe un état d'équilibre complexe et très précaire influencé par les caractéristiques du débit d'écoulement, les sédiments présents et la vallée dans laquelle il creuse son lit.

Cet équilibre se traduit :

- d'une part, en plan, par la forme du lit, caractérisé soit par son aspect rectiligne, soit par des méandres ou par des canaux multiples;
- d'autre part, par des sections verticales dites profils en travers qui caractérisent le lit et qui constituent généralement deux lits distincts : un lit mineur qui évacue à la limite de débordement le débit maximal le plus fréquent (crue annuelle) et un lit majeur qui évacue l'excédent des crues les plus importantes (figure 5.2-1).

Le débit du lit mineur s'écoule en général sur des alluvions mobiles et peut donc se déformer au cours des crues. Par contre, le lit majeur, constitué en général de plantations ou de zones urbanisées, peut être considéré comme fixe.

La déformation du lit mineur apparaît seulement à partir d'un certain seuil de débit. Les sédiments se mettent alors en mouvement et leur déplacement peut s'effectuer en mode de suspension ou en mode de charriage, suivant la granulométrie du sol formant le lit. La quantité de sédiments présente dans l'eau est appelée charge sédimentaire.

L'édification d'ouvrages dans un cours d'eau modifie le régime d'écoulement des eaux et amène un nouvel état d'équilibre de la rivière dont le concepteur doit tenir compte pour assurer la fiabilité de l'ouvrage.

Une évaluation de la stabilité du cours d'eau doit être effectuée pour déterminer le besoin de mesures protectrices. La comparaison des levés topographiques (cartes topographiques et photographies aériennes) pris à différents moments permet de se former une opinion sur l'évolution du tracé du lit. Deux cas peuvent se présenter :

- le cours d'eau a atteint un état d'équilibre avec un tracé bien fixé depuis des décennies, c'est-à-dire sans changement de dimensions, de forme et de trajet, et est considéré comme stable;
- une évolution s'est manifestée dans le temps ou récemment, alors une étude approfondie est nécessaire pour évaluer les risques d'évolutions futures et mettre au point des dispositifs capables de fixer les berges. Si cette évolution est assez importante, elle présente un facteur significatif dans l'entretien des éléments structuraux du voisinage. Le degré d'instabilité du cours d'eau dépend de l'ampleur de cette évolution.

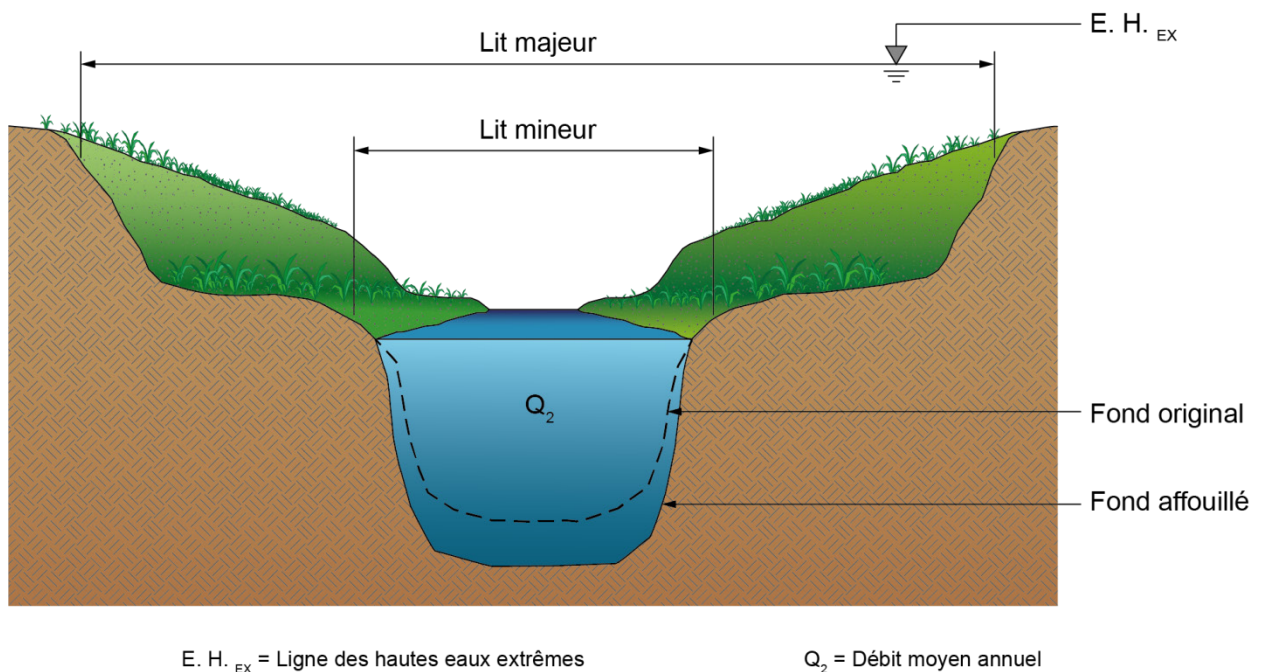


Figure 5.2-1 Lits d'un cours d'eau

5.2.2 La forme d'un cours d'eau

La forme d'un cours d'eau, c'est-à-dire sa configuration telle qu'elle apparaît sur une photographie aérienne, permet d'avoir une idée de son degré d'instabilité. Les trois formes principales de cours d'eau, montrées à la figure 5.2-2, sont les suivantes :

- la forme rectiligne;
- à canaux multiples;
- à méandres.

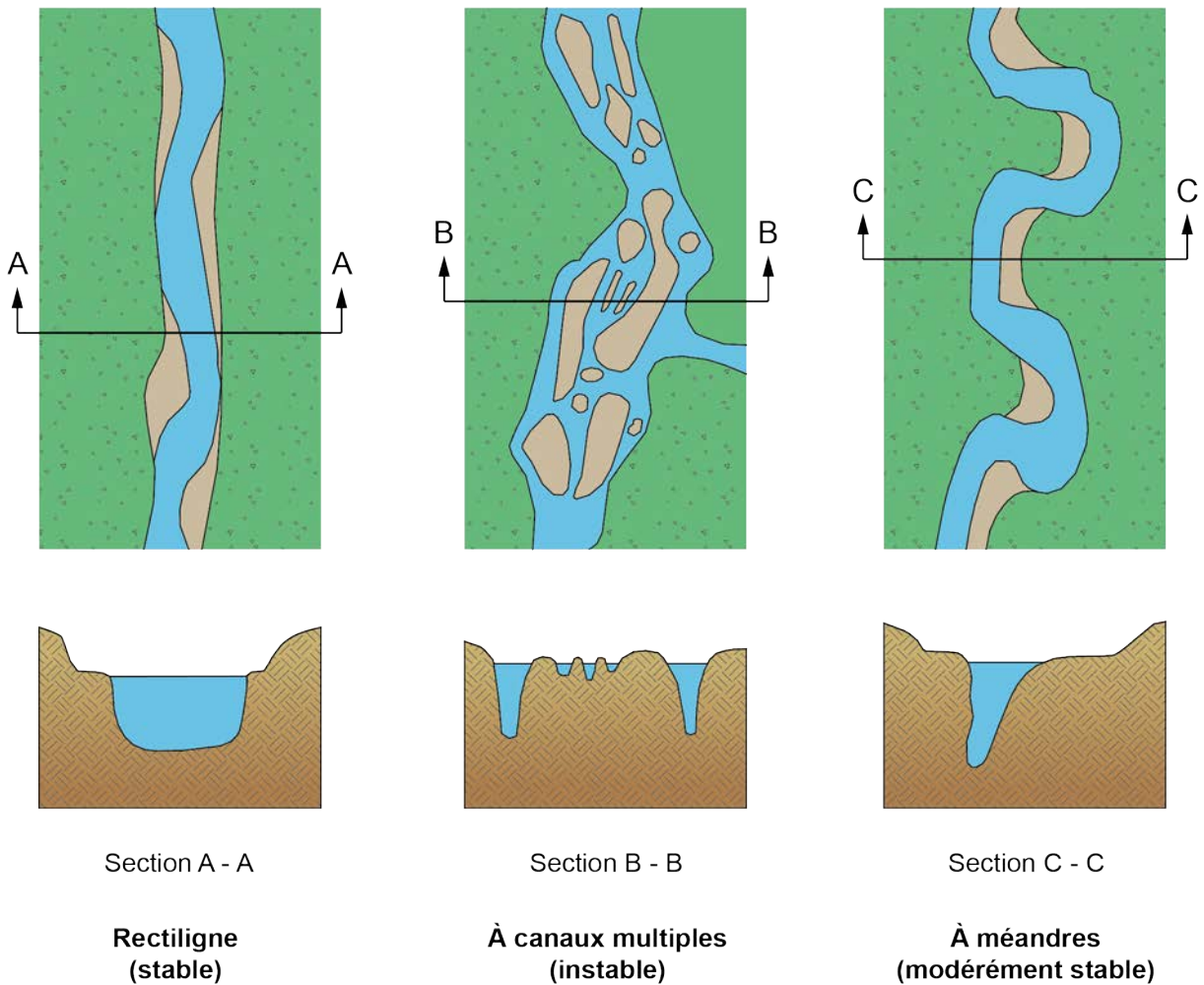


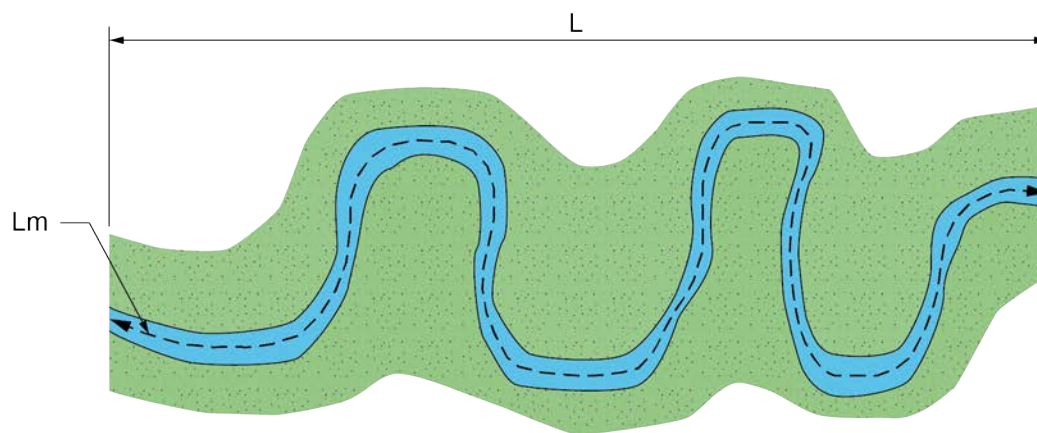
Figure 5.2-2 Principales formes de cours d'eau

5.2.2.1 Le cours d'eau rectiligne

Un cours d'eau rectiligne indique généralement que le transport sédimentaire a atteint un équilibre, ce qui va favoriser la stabilité du cours d'eau.

Dans la nature, un cours d'eau est rarement droit sur une distance dépassant dix fois sa largeur. Il peut donc être qualifié de rectiligne, mais présenter certaines irrégularités ou sinuosités.

Pour déterminer si une rivière est rectiligne, on utilise la sinuosité (S_i), qui est le rapport entre la distance mesurée en suivant toutes les sinuosités de la rivière et celle mesurée directement le long de la vallée (figure 5.2-3).



$$S_i = L_m / L$$

$S_i \geq 1,5$	le cours d'eau est à méandres
$S_i < 1,5$	le cours d'eau est sinueux ou droit

Figure 5.2-3 Définition de la sinuosité (S_i)

Une végétation dense sur les rives est dans la plupart des cas associée à un cours d'eau rectiligne.

La résistance à l'écoulement est bien moindre dans un cours d'eau rectiligne que dans un cours d'eau à canaux multiples ou à méandres. Un cours d'eau rectiligne est habituellement stable.

Par contre, même si les berges sont assez droites, le thalweg ou ligne des plus grandes profondeurs est habituellement sinueux puisqu'il se déplace d'un côté à l'autre du cours d'eau comme montré à la figure 5.2-4.

Tout au long du thalweg se trouvent des dépressions appelées mouilles et, de part et d'autre, des bancs de sable ou de graviers appelés maigres. Une des conditions essentielles à l'obtention du phénomène d'alternance des maigres et des mouilles est l'hétérogénéité des matériaux du lit. En général, une rivière à alluvions uniformes ne présente pas cette tendance.

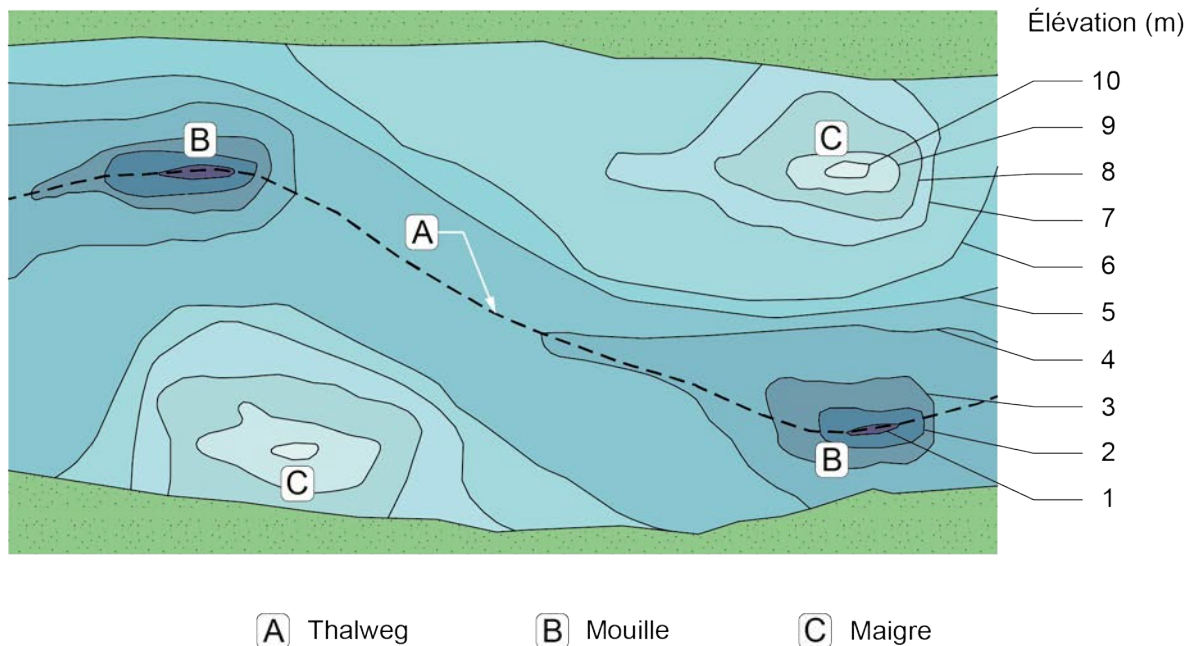


Figure 5.2-4 Sinuosité du thalweg

5.2.2.2 Le cours d'eau à canaux multiples

Ce type de cours d'eau se caractérise par la présence de nombreux canaux qui s'entrelacent et qui sont séparés par des îles et des barres (amas de sable) telles que montrées à la figure 5.2-5. En général, les îles et les barres sont submergées lors des crues.

Le cours d'eau à canaux multiples se forme lorsqu'il y a une charge sédimentaire très hétérogène; c'est-à-dire une grande variation du diamètre des sédiments; ou lorsqu'il y a une diminution brusque de la pente de la rivière. Un cours d'eau à canaux multiples indique souvent que les apports sédimentaires excèdent la capacité de transport du site.

Les caractéristiques du cours d'eau à canaux multiples sont :

- des sections en travers larges;
- une grande mobilité des matériaux du lit;
- un déplacement continu du cours de la rivière;
- une grande résistance à l'écoulement.

Ce type de cours d'eau est généralement très instable et pose des problèmes assez complexes lorsque l'on doit y implanter une structure quelconque.

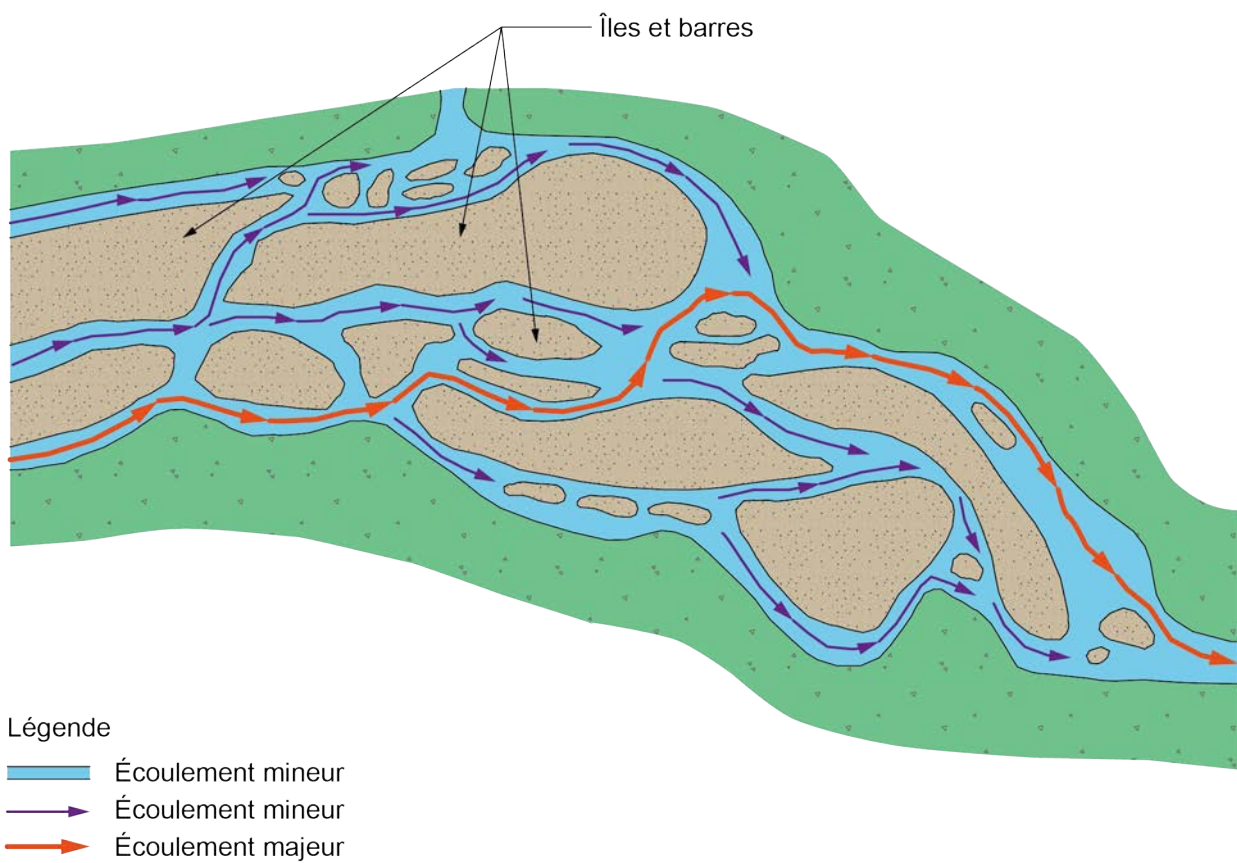


Figure 5.2-5 Cours d'eau à canaux multiples en période d'étiage

5.2.2.3 Le cours d'eau à méandres

Ce type de cours d'eau se caractérise par des courbes en forme de S dont le rapport L_m/L (voir figure 5.2-3) est supérieur ou égal à 1,5. Les méandres engendrent des courants hélicoïdaux qui érodent la berge concave et créent des ensablements dans la convexité de la courbe. C'est un cours d'eau qui peut être instable. Les figures 5.2-6, 5.2-7 et 5.2-8 en montrent les caractéristiques.

Le cours d'eau à méandres est associé fréquemment à un site où les apports sédimentaires sont inférieurs à la capacité de transport de ce type de cours d'eau.

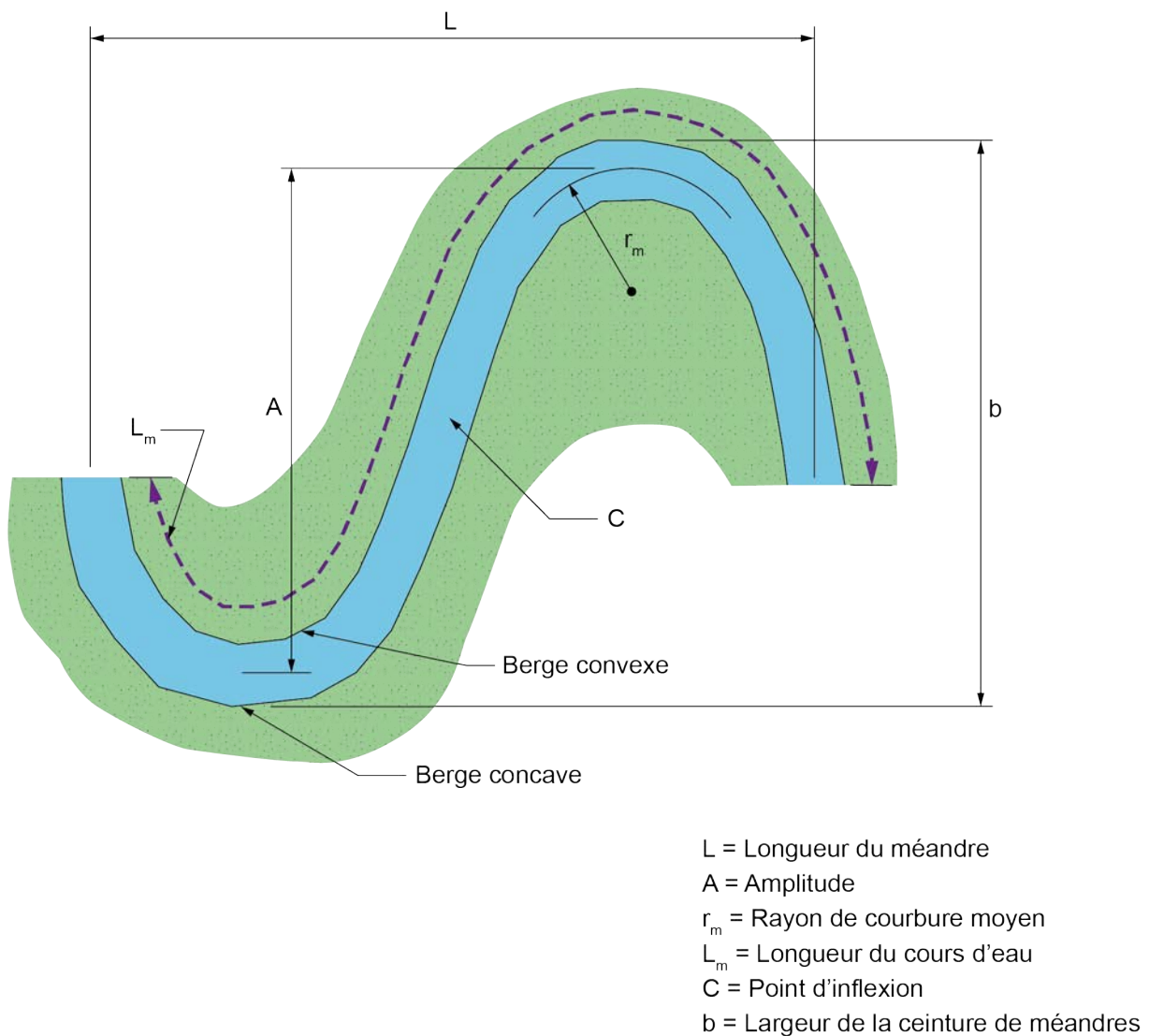
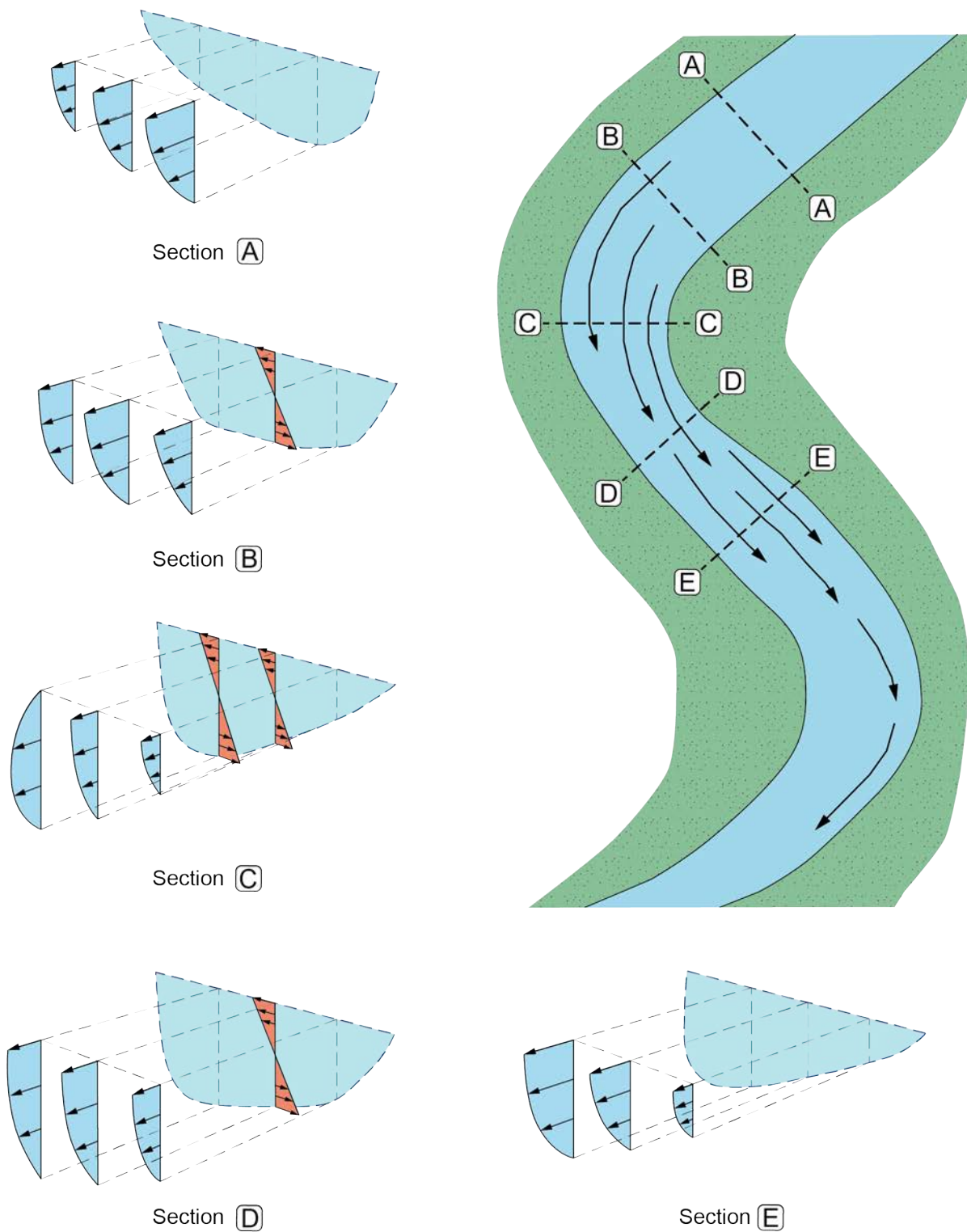


Figure 5.2-6 Géométrie d'un méandre



Note : Les vitesses transversales sont indiquées en orange.

Figure 5.2-7 Distribution de la vitesse dans un méandre

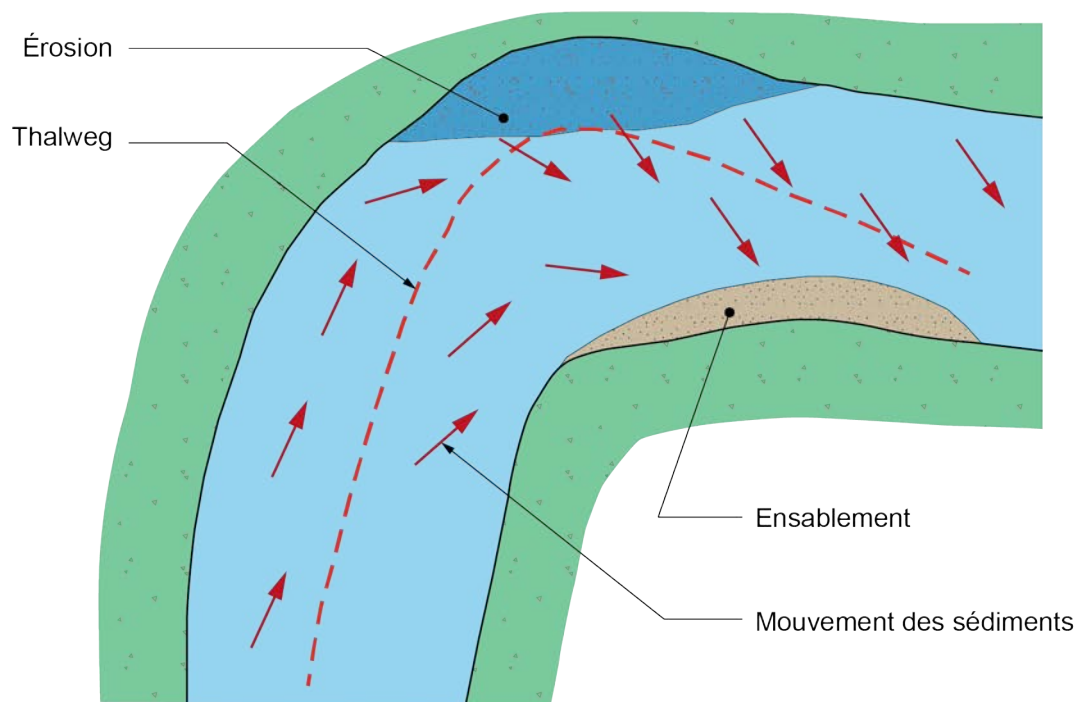


Figure 5.2-8 Mouvement des sédiments dans un méandre

5.2.3 Le rendement hydraulique des structures

Le rendement hydraulique d'une structure est lié à la capacité de son ouverture à accommoder l'écoulement des eaux, à la fréquence des inondations au site de la structure et aux altérations du cours d'eau qui affectent défavorablement les éléments de la structure.

Une ouverture insuffisante de la structure ne permettant pas l'évacuation normale des débits de crue engendre un remous qui peut causer l'inondation de terrains et de résidences situés en amont. De plus, une ouverture trop faible contribue davantage à l'accumulation des glaces et des débris.

En période de crue, l'étranglement ou la réduction de la section d'écoulement sous la structure entraîne une augmentation de la vitesse d'écoulement, qui peut se traduire par un affouillement du lit et des berges si la granulométrie des matériaux présents ne permet pas de s'opposer à cette augmentation de vitesse. S'il se produit près des unités de fondation, l'affouillement peut alors nuire à la stabilité de la structure.

Outre une ouverture trop petite, les altérations du cours d'eau comme la dégradation et l'exhaussement du lit où le creusage artificiel peuvent également affecter le rendement hydraulique d'une structure et, de façon très importante, sa stabilité.

5.2.4 Les altérations du cours d'eau

Plusieurs phénomènes naturels ou provoqués par des éléments extérieurs sont susceptibles d'altérer les propriétés physiques d'un cours d'eau et doivent être considérés lors de l'inspection d'une structure afin d'évaluer les problèmes effectifs ou éventuels relatifs au site étudié.

Les principaux problèmes qui peuvent survenir au niveau des cours d'eau à proximité d'une structure sont les suivants :

- l'affouillement;
- la dégradation et la sédimentation du lit;
- l'accumulation de glace;
- l'accumulation de débris;
- les barrages de castors.

5.2.4.1 L'affouillement

L'affouillement est l'abaissement du lit d'un cours d'eau par l'action érosive de l'écoulement des eaux.

On distingue deux types d'affouillement :

- l'affouillement général;
- l'affouillement local.

L'AFFOUILLEMENT GÉNÉRAL

L'affouillement peut se produire dans un cours d'eau n'ayant pas de contraction artificielle de la section d'écoulement comme celle causée par un pont (figure 5.2-9). Il est alors causé par le processus naturel d'écoulement des eaux, dont les courbes, les changements dans l'alignement du lit et les obstructions naturelles telles que les racines d'arbre et les grosses pierres.

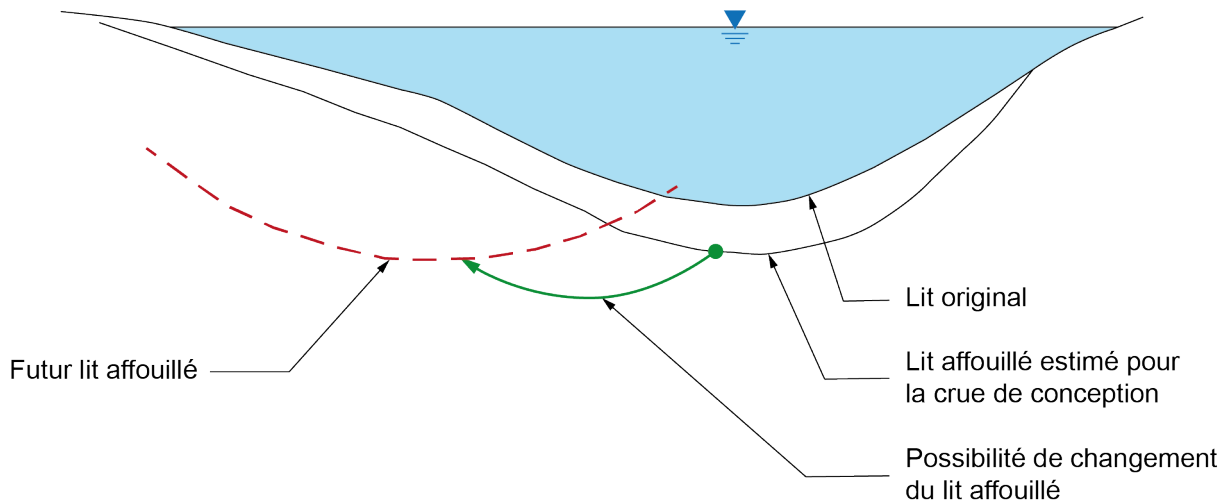


Figure 5.2-9 Affouillement général montrant le changement possible de l'alignement du lit affouillé

L'affouillement peut également se produire lorsque l'ouverture d'un pont entraîne la contraction de l'écoulement. En effet, une ouverture trop petite entre les culées implique nécessairement une réduction de la section d'écoulement, ce qui entraîne une augmentation de la vitesse d'écoulement en période de crue. La force tractive sur les matériaux du lit détache alors les particules et les transporte en aval, en un point où la force n'est plus assez forte pour les déplacer. Il en résulte la formation d'une fosse d'affouillement au pont et immédiatement en aval et des dépôts de matériaux à l'extrémité aval de la fosse (figure 5.2-10). Ceci a souvent pour effet d'élever le niveau d'eau à proximité du pont lors des faibles débits jusqu'à ce que l'écoulement soit suffisant pour créer une ouverture dans les dépôts. L'affouillement maximal se produit en période de débits de pointe ou tout juste après.

Une fois la pointe de la crue terminée, il y a diminution du débit. Durant et après cette diminution, il est possible que la fosse d'affouillement commence à se remplir avec le matériau transporté par le cours d'eau si le lit en amont est suffisamment mobile. Normalement, ce phénomène se produit dans les cours d'eau dont le lit est sablonneux. Lorsque le lit est argileux, il peut arriver que la fosse ne se remplisse qu'après plusieurs années ou même qu'elle ne se remplisse jamais. Une fosse d'affouillement remplie demeure sensible. En effet, lors d'une prochaine crue d'importance, il est possible que la fosse remplie se vide beaucoup plus rapidement que le lit original, car elle est remplie d'un matériau meuble et relativement fin.

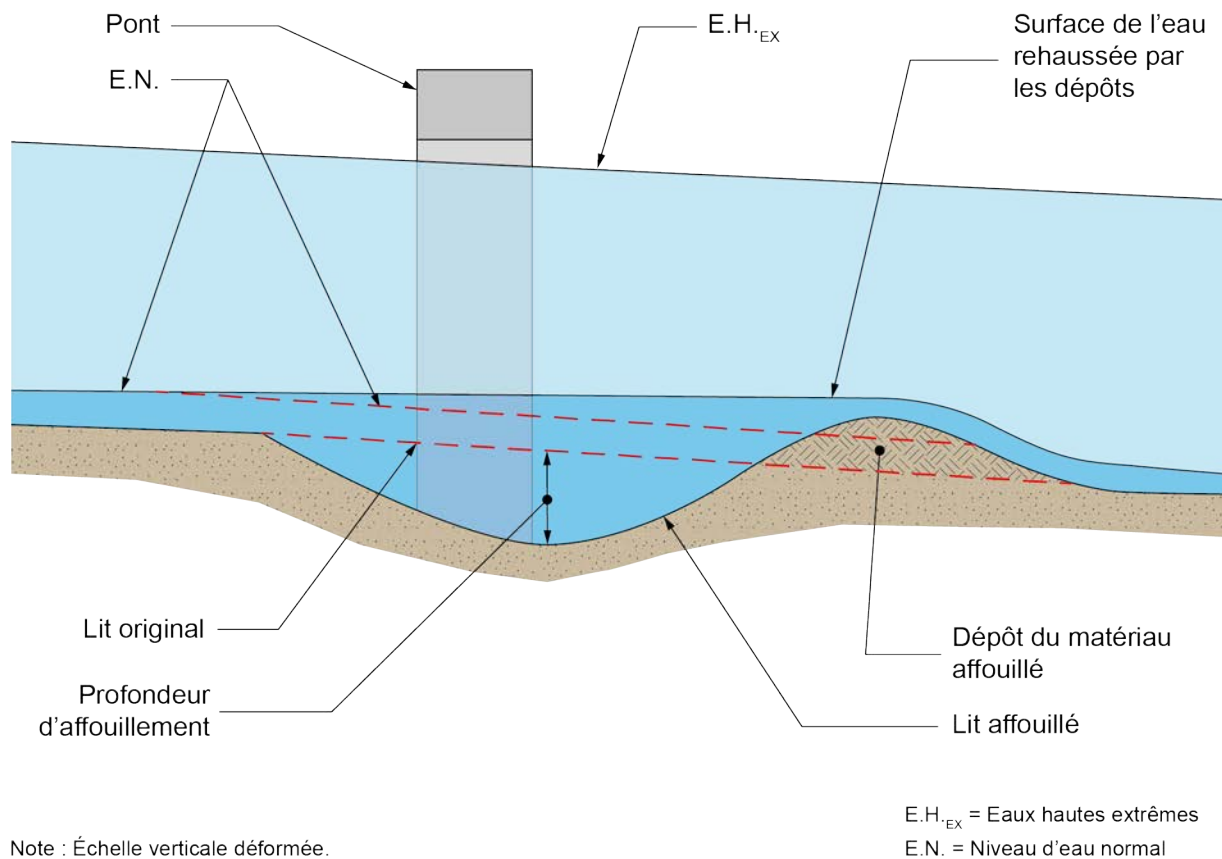


Figure 5.2-10 Coupe longitudinale d'un affouillement général

L'AFFOUILLEMENT LOCAL

L'affouillement local se produit à une pile ou à une culée parce que ces éléments font obstacle à l'écoulement des eaux. Cet affouillement s'additionne au niveau prévu d'affouillement général pour la structure en question. L'affouillement local peut se produire aux piles et aux culées même si l'écoulement n'est pas contracté.

À la rencontre d'une pile ou d'une culée, les eaux qui s'écoulent voient leur niveau se rehausser en façade (en amont) et leur vitesse augmente autour de l'obstruction, créant un vortex en forme de fer à cheval et une fosse d'affouillement dont les pentes latérales correspondent approximativement à l'angle de repos du sol. Le mouvement hélicoïdal ainsi engendré a pour effet de draguer le matériau du lit pour le transporter en aval (figure 5.2-11).

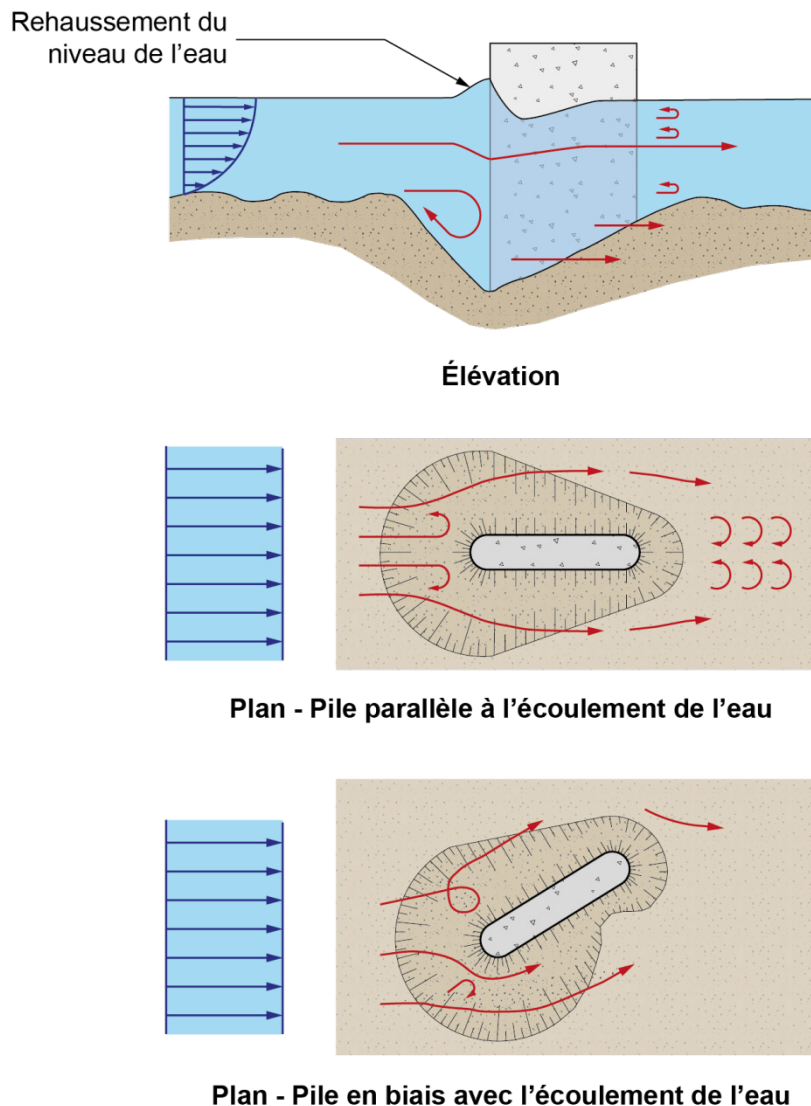
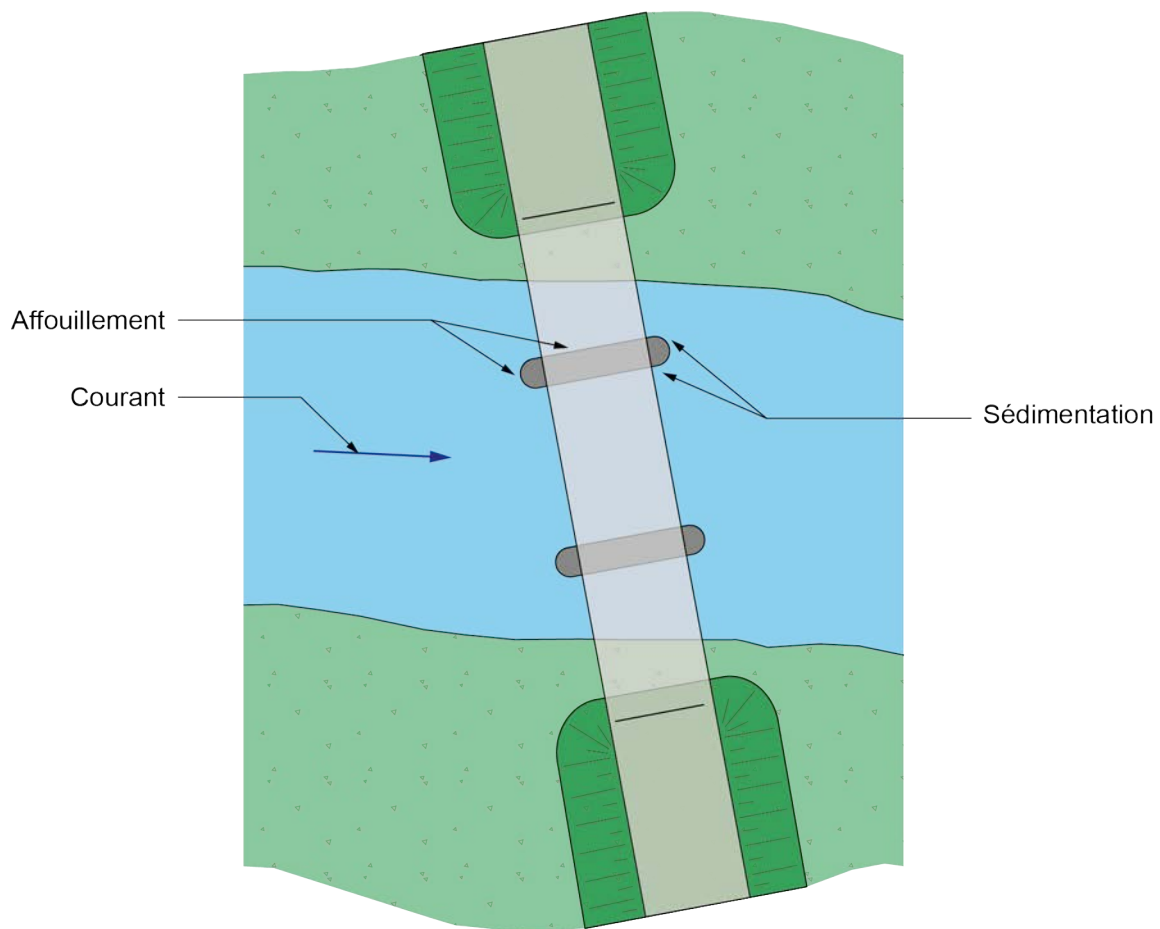


Figure 5.2-11 Configuration de l'écoulement – affouillement local d'une pile

La forme de la face amont des éléments en contact avec l'écoulement de l'eau est importante à cause de son influence sur la force du vortex et donc, sur la profondeur de l'affouillement local. Une face de forme carrée produit les affouillements les plus profonds tandis qu'une face de forme profilée, par rapport à l'écoulement, produit les affouillements les moins importants. L'affouillement augmente également lorsque les piles et les culées sont mal alignées par rapport à l'écoulement. Lorsque les unités de fondation sont bien alignées, l'affouillement local maximal se concentre à l'avant-bec de ces unités. Par contre, lorsque les unités de fondation sont en biais par rapport à l'écoulement, l'affouillement se produit généralement le long de la face exposée au courant (figure 5.2-12).



Note : L'écoulement aux piles obliques cause un affouillement à l'avant-bec et sur le côté exposé au courant et de la sédimentation sur le côté non exposé.

Figure 5.2-12 Effet de l'écoulement pour des piles en biais

L'AFFOUILLEMENT LOCAL À UNE PILE

La profondeur de l'affouillement local dépend principalement :

- de la largeur de la pile;
- de la forme de l'avant-bec de la pile;
- de l'alignement par rapport à l'écoulement;
- de la vitesse et de la profondeur de l'écoulement;
- du type et des dimensions du matériau du lit;
- de l'accumulation des glaces et des débris.

En résumé, l'affouillement aux piles sera moindre, si :

- les piles sont alignées parallèlement à la direction de l'écoulement;
- les avant-becs sont bien profilés, arrondis ou en pointes;
- la largeur du fût et de la semelle de la pile (protection comprise) est faible.

La pile circulaire est utilisée lorsque la direction de l'écoulement est incertaine ou que des changements significatifs sont appréhendés en raison du changement probable de l'alignement du lit.

Les groupes de pieux sont également plus propices à l'accumulation des glaces et des débris ainsi qu'à l'affouillement.

Il est à noter que lorsqu'un affouillement local est observé au pourtour d'une pile, mais qu'il ne se prolonge pas sous la semelle, alors ce défaut est traité au niveau de l'élément « Cours d'eau ». Par contre, lorsque l'affouillement atteint le dessous de la semelle de la pile, l'affouillement doit être traité au niveau de l'élément « Fondation » dans le chapitre 6 « Unités de fondation ».

L'AFFOUILLEMENT LOCAL À UNE CULÉE

L'affouillement local le plus profond se produit habituellement au coin amont de la culée. Sa gravité augmente avec la réduction de la section de l'écoulement, surtout si les plaines inondables sont très larges par rapport à l'ouverture de la structure (figure 5.2-13).

Il est à noter que lorsque l'affouillement est observé à une culée, mais qu'il ne se prolonge pas sous la semelle, alors la perte de matériau doit être considérée au niveau de l'élément « Remblai » à l'approche (section 5.4). Par contre, si l'affouillement atteint le dessous de la semelle de la culée, alors ce défaut doit être traité au niveau de l'élément « Fondation » dans le chapitre 6 « Unités de fondation ».

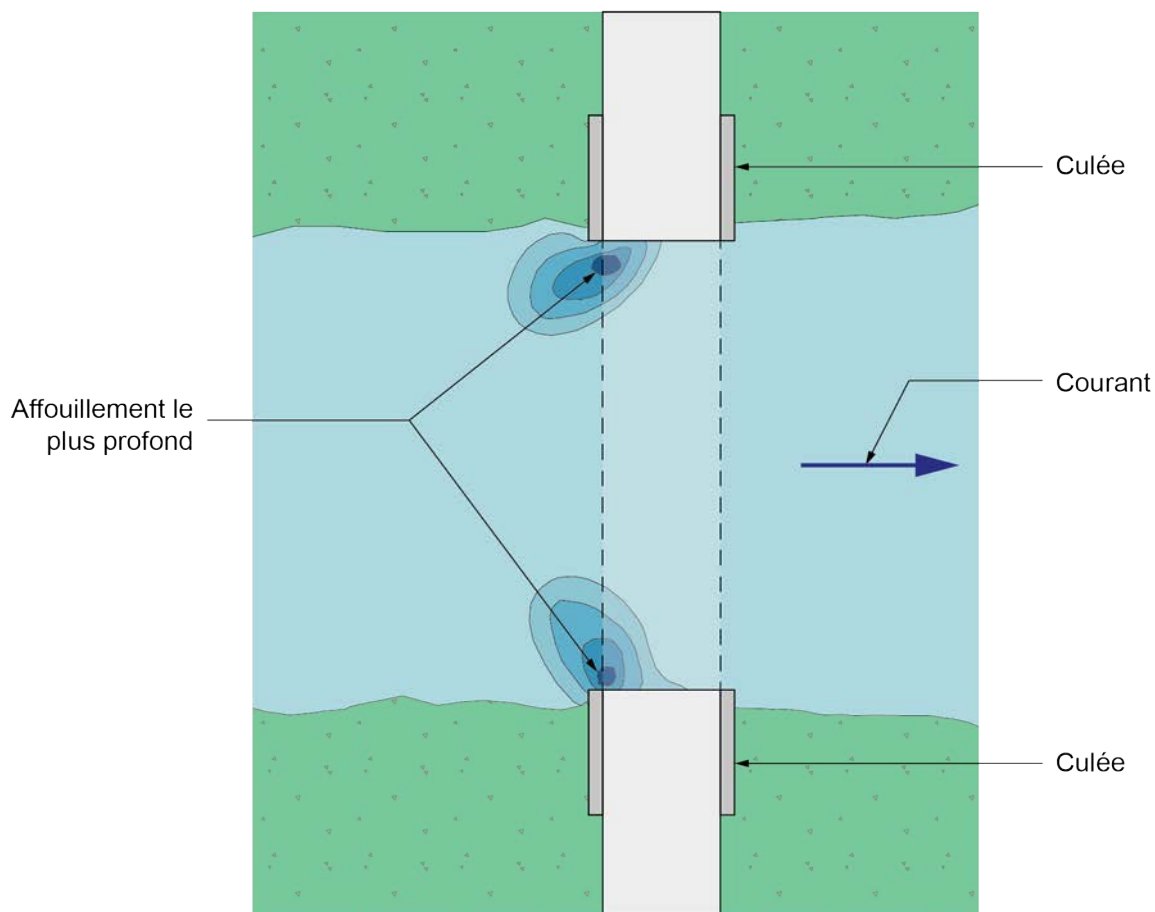


Figure 5.2-13 Affouillement local aux culées

5.2.4.2 La détection de l'affouillement

Lorsque des signes évidents d'affouillement ne peuvent pas être constatés par un examen visuel du lit du cours d'eau et des unités de fondation (culée et pile), l'affouillement peut être détecté à l'aide de la méthode de la chaîne. Cette méthode consiste à faire le relevé de deux sections transversales du lit du cours d'eau, une en aval du pont et une en amont, à l'aide d'une chaîne munie d'un poids à une extrémité et graduée tous les 20 cm.

Les lectures doivent être prises tous les trois mètres ou moins selon le besoin, à partir d'un plan de référence fixe, par exemple un dispositif de retenue, le dessous d'un fût ou d'une semelle. La zone près des culées et des piles devrait être vérifiée plus précisément étant donné les conséquences importantes que peut avoir l'affouillement sur ces éléments. Les lectures sont ensuite inscrites sur un plan de relevé.

Par la suite, les différentes profondeurs observées sont comparées aux sections originales relevées lors de la construction du pont et inscrites sur le plan « tel que construit » ou aux sections établies lors du dernier relevé d'affouillement.

La bathymétrie pourrait également être réalisée par d'autres moyens, notamment par des échosondeurs ou par des plongeurs.

5.2.4.3 La dégradation et la sédimentation du lit d'un cours d'eau

La dégradation ou l'abaissement naturel du lit d'un cours d'eau résulte d'un accroissement de la capacité de transport de sédiments du cours d'eau par suite de l'augmentation des débits de crue ou d'une augmentation de la vitesse d'écoulement. Cette augmentation des débits peut résulter du déboisement ou de l'urbanisation. L'augmentation de la vitesse d'écoulement, quant à elle, résulte de l'augmentation de la pente du cours d'eau.

L'abaissement ou la dégradation du lit peut causer l'affouillement et affecter la stabilité d'une structure. Cette dégradation peut également provoquer l'érosion ou même l'effondrement des berges et entraîner ainsi l'élargissement de plus en plus important du cours d'eau.

La sédimentation du lit provient au contraire d'une baisse de la capacité de transport de sédiments. Il résulte d'une diminution soudaine de la pente du lit ou de l'apport d'une grande quantité de sédiments dans le cours d'eau.

Certaines données recueillies sur le site d'une structure peuvent aider à déterminer si le lit d'un cours d'eau est en train de se dégrader ou de se sédimenter :

- l'effondrement de ponts ou de barrages près du site à l'étude;
- l'abaissement du lit depuis la construction du pont. La structure peut par exemple être déchaussée et avoir été étayée temporairement en attendant une réparation permanente;
- l'ajout d'un radier à une structure existante;
- l'abaissement (chute) significatif du lit à l'extrémité en aval (l'abaissement pourrait aussi être dû à la présence d'une fosse d'affouillement);
- la comparaison des plans originaux de la structure et des mesures récoltées permettent généralement d'établir la présence de dégradation ou de sédimentation;
- la construction récente de barrages après la construction du pont. S'il est évident que le niveau du lit s'est abaissé depuis leur construction, on peut raisonnablement en conclure qu'ils en sont la cause;
- la présence d'autres types de structures non loin du site étudié, tels que des murs de soutènement, où l'on pourrait observer un abaissement du niveau du lit;

- la présence d'une coupure de méandres ou d'une érosion active apparente du cours d'eau au niveau du lit et des berges, surtout s'il s'agit d'un cours d'eau de faible importance ayant été redressé ou qui inonde une vallée (figure 5.2-14);
- des traces évidentes de sédimentation, par exemple des dépôts récents de gravier ou un canal instable;
- des traces évidentes de dégradation et de sédimentation, perceptibles sur des photographies aériennes. La dégradation du lit peut être reconnue par la présence d'érosion active le long des berges et la sédimentation, par la présence de dépôts récents aux endroits affectés par une diminution soudaine de la vitesse d'écoulement des eaux.

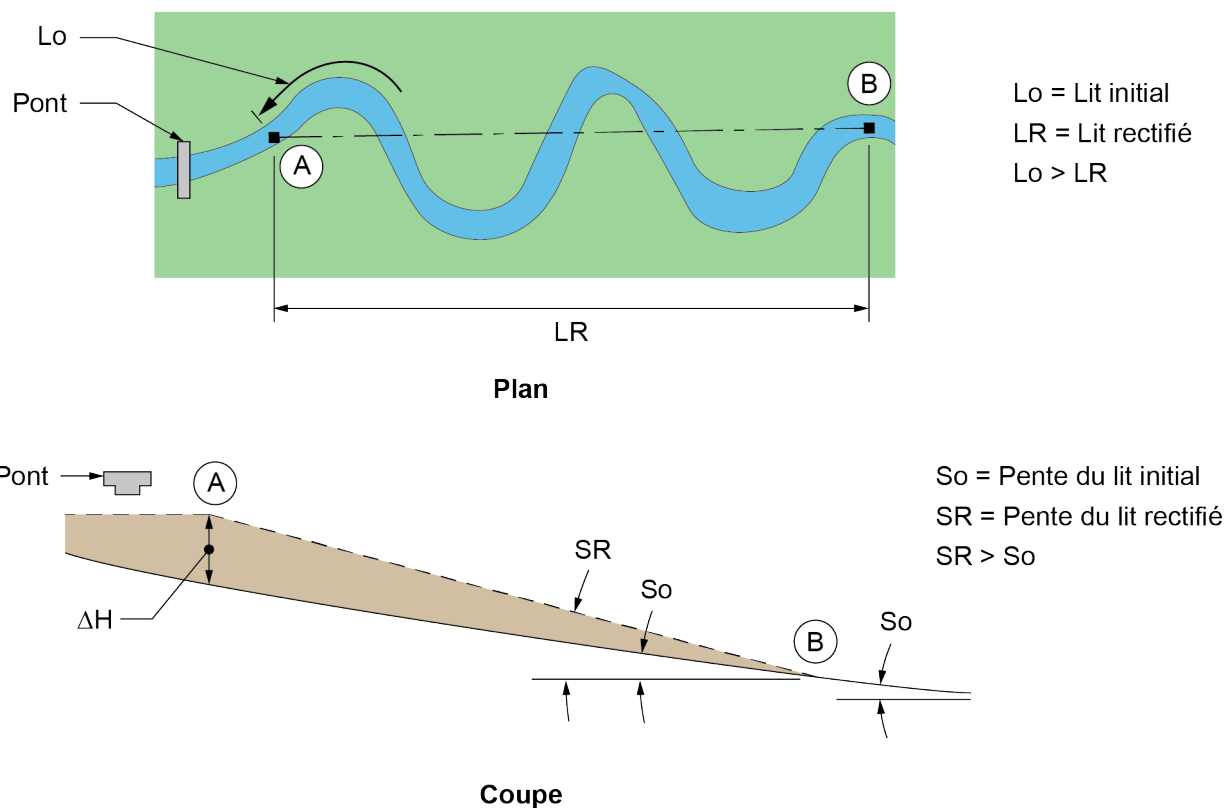


Figure 5.2-14 Redressement de méandres

5.2.4.4 L'accumulation de glace

L'accumulation de glace peut être à l'origine de différents problèmes affectant les ponts. Le plus commun est l'embâcle de glace. L'embâcle peut se former dans les courbes d'une rivière, aux endroits où les eaux sont peu profondes, à l'entrée d'un pont trop bas ou trop étroit ou aux piles du pont, mais il résulte le plus souvent d'amoncellement de glaces flottantes contre un couvert de glaces, à un endroit où la pente du cours d'eau est faible. Le phénomène peut souvent donner lieu à des embâcles importants près des endroits où la rivière se jette dans un lac (figure 5.2-15).

L'embâcle a pour effet de réduire l'aire de la section transversale d'écoulement et peut entraîner une augmentation importante du niveau d'eau (remous). En effet, si la plaine est bordée d'un remblai, les eaux ne peuvent s'y écouler et elles peuvent alors monter suffisamment pour induire des pressions sur la structure. Cependant, lorsque les eaux de crue peuvent se répandre dans une plaine inondable ou dans un canal de surplus, elles peuvent alors contourner l'embâcle.

Lorsque les glaces s'amoncellent contre une structure, elles peuvent causer des dommages importants aux unités de fondation et au tablier lui-même. Lorsque l'embâcle cède brusquement, il peut générer une augmentation soudaine du débit et de la vitesse d'écoulement qui peut affecter un ouvrage situé en aval.

L'embâcle peut également causer de l'affouillement très important en étranglant l'ouverture d'un pont et forcer la rivière à sortir de son lit mineur pour inonder le lit majeur (plaine inondable) et le remblai d'approche, et ce, pour un débit plus faible que celui des fortes crues.

Il est presque impossible de détecter, par une simple inspection, s'il s'est déjà produit des embâcles à un endroit donné; c'est dire qu'en l'absence d'autres indices, il faut se fier aux témoins oculaires, par exemple les propriétaires riverains.

Une glace de frasil peut également se former dans des rivières à courant rapide, en aval des rapides là où le couvert de glace ne s'est pas formé, et adhérer au couvert de glace à partir du fond pour former un barrage suspendu, mais ce phénomène est moins fréquent.

Quoique plus rare et limité aux grandes étendues d'eau, un autre problème dû aux glaces est attribuable aux mouvements thermiques de vastes nappes de glace qui adhèrent aux piles d'un pont et peuvent y induire des forces latérales indésirables.

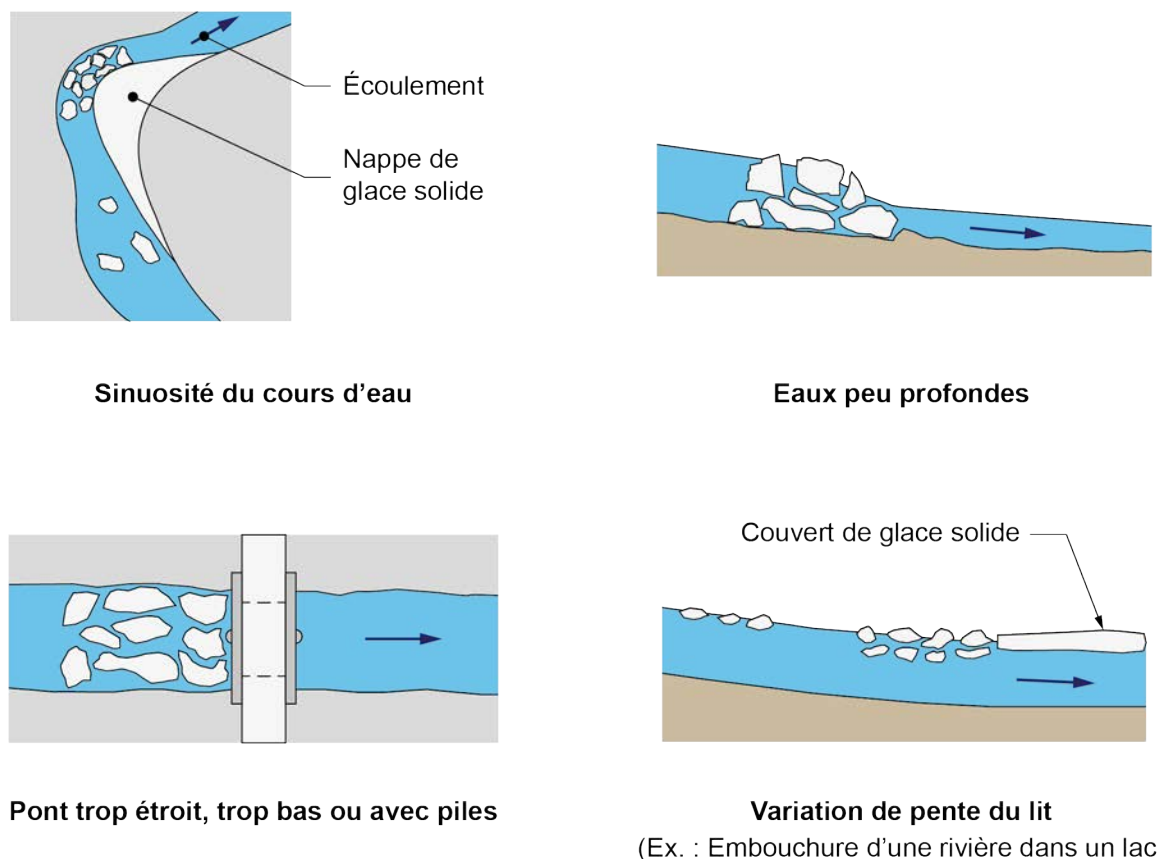


Figure 5.2-15 Localisation d'embâcles de glace

5.2.4.5 L'accumulation de débris

De grandes quantités de bois ou d'autres débris peuvent être transportées par un cours d'eau. Le potentiel de transport de débris augmente lorsque :

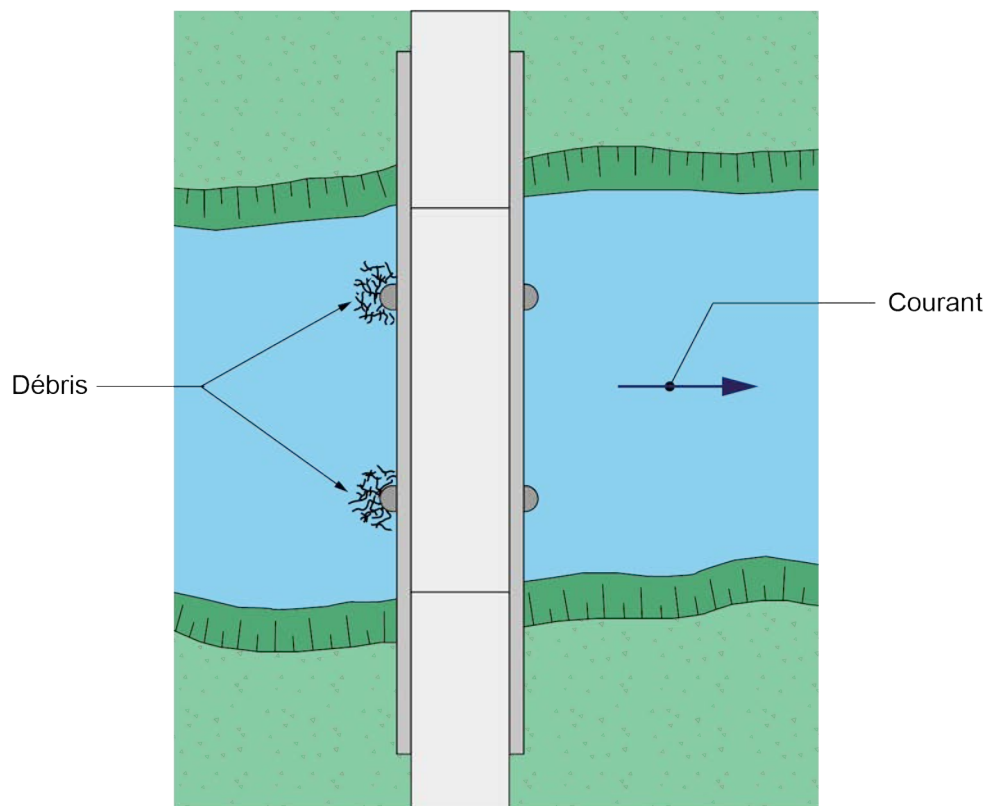
- des débris sont présents dans le cours d'eau;
- la pente du cours d'eau est forte;
- le risque d'érosion des berges est élevé;
- les rives du cours d'eau sont boisées.

Lorsque le bassin versant connaît une forte urbanisation ou lorsqu'il y a une coupe à blanc de la forêt, cela a pour effets d'accroître les débits de pointe dans le cours d'eau récepteur, d'augmenter l'érosion des berges susceptibles de s'éroder et d'augmenter le déracinement des arbres sur les berges.

Les débris flottants transportés par les cours d'eau peuvent alors constituer une sérieuse obstruction à l'écoulement de l'eau, surtout à proximité de ponts de faible portée. L'impact des débris sur une structure peut également causer des dommages à celle-ci.

De plus, les débris qui s'accumulent autour des piles d'un pont peuvent causer un affouillement plus large et plus profond (figure 5.2-16).

Les barrages des castors peuvent également être une source de débris dans les cours d'eau, car ils cèdent fréquemment. Ils peuvent également causer des inondations assez fortes ou éroder gravement le lit des cours d'eau.



Note : L'accumulation de débris autour des piles augmente la dimension de la pile et cause un affouillement plus large et plus profond.

Figure 5.2-16 Accumulation de débris

5.3 LA PROTECTION DU LIT

La protection du lit du cours d'eau est un élément qui est considéré seulement pour les ponceaux. Elle sert à protéger les ponceaux contre l'affouillement ou l'érosion locale lorsque la vitesse d'écoulement à l'entrée et à la sortie du ponceau dépasse les vitesses maximales permises par les normes (voir le *Tome III – Ouvrages d'art*, chapitre 4 « Ponceaux », de la collection Normes – Ouvrages routiers).

La protection du lit du cours d'eau peut être réalisée sous forme :

- d'empierrement;
- de fosse d'affouillement artificielle;
- de transition empierrée;
- de dissipateur d'énergie.

Toutes les informations concernant ces types de protection sont présentées dans le chapitre 8 du *Manuel de conception des ponceaux*.

Les principaux défauts de la protection du lit sont la dégradation ou la perte de matériaux qui affecte l'efficacité de la protection.

Une protection du lit du cours d'eau est également réalisée, sous forme d'empierrement, au pourtour des piles de ponts, mais l'évaluation de cette protection se fait au niveau de l'élément « Cours d'eau ».

5.4 LE REMBLAI D'APPROCHE

Le remblai d'approche est un ouvrage en terre qui donne accès à la structure en comblant la différence de niveau entre le terrain naturel et le dessus de la route. Il est constitué de matériaux granulaires densifiés par couches de façon à assurer un support solide aux véhicules. Lorsque le remblai supporte directement une culée, il est considéré comme faisant partie de la fondation de cette dernière et il est traité dans le chapitre 6 « Unités de fondation ».

Le rôle du remblai d'approche est de constituer une transition stable et sans mouvement appréciable entre la route et le terrain naturel.

L'inspection du remblai d'approche est réalisée à partir du pied du remblai, du côté de l'obstacle, jusqu'à une distance de 15 m de l'extrémité du tablier du côté de l'approche, tel que montré à la figure 5.4-1.

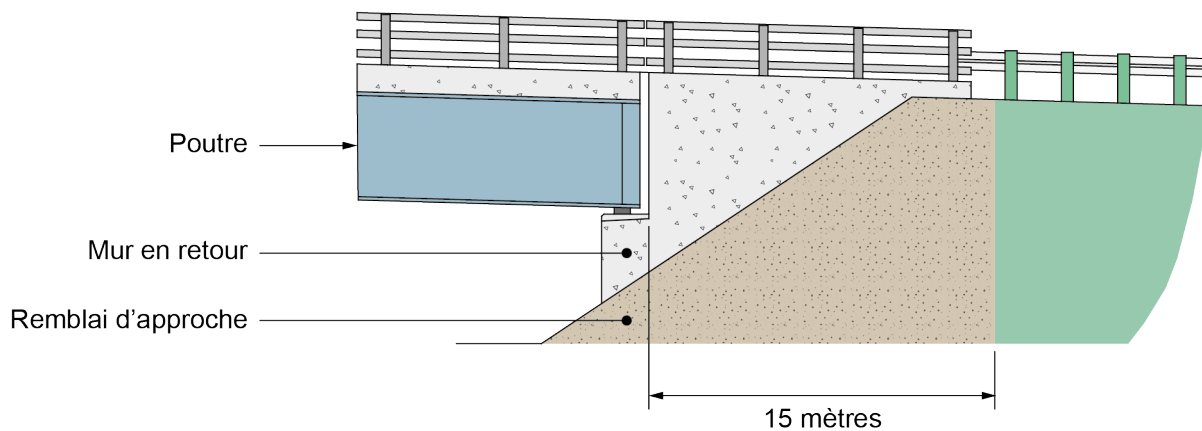


Figure 5.4-1 Localisation du remblai d'approche

Les défauts qui affectent généralement le remblai d'approche sont causés par :

- l'affouillement;
- l'érosion;
- le tassement;
- le glissement.

5.4.1 L'affouillement

L'affouillement est la détérioration du remblai d'approche caractérisée par la perte de matériau sous l'action d'un cours d'eau ou des glaces. Cette détérioration se produit généralement lorsque la vitesse du courant est très grande, comme lors d'une crue des eaux occasionnée par la fonte des neiges ou par de fortes pluies.

L'affouillement affecte surtout la base du remblai, lorsque ce dernier empiète dans le cours d'eau, ou bien lorsque sa protection est absente ou insuffisante pour résister à la force du courant ou au mouvement des glaces.

5.4.2 L'érosion

L'érosion est la dégradation du talus du remblai par l'action de l'eau de ruissellement qui se déverse à l'extrémité du mur en retour d'une culée, qui fuit par l'ouverture d'un joint de tablier ou qui provient d'un drain localisé au-dessus du remblai. L'érosion peut aussi affecter les fossés et la partie du remblai qui les borde.

L'érosion peut se manifester en une érosion interne qui est l'entraînement des particules fines du matériau par l'eau voyageant à travers les vides du remblai, ou bien en un lavage, qui est une érosion rapide produite par le ruissellement d'une grande quantité d'eau.

5.4.3 Le tassement

Le tassement est le déplacement vertical graduel du remblai sous l'effet de son propre poids. Cette dégradation est habituellement le résultat de la consolidation du sol ou la conséquence d'un compactage insuffisant des matériaux constituant le remblai lui-même.

Le tassement du remblai produit, dans le profil de l'approche, une dénivellation qui doit être comblée s'il y a lieu, afin d'assurer le confort des automobilistes (figure 5.4-2).

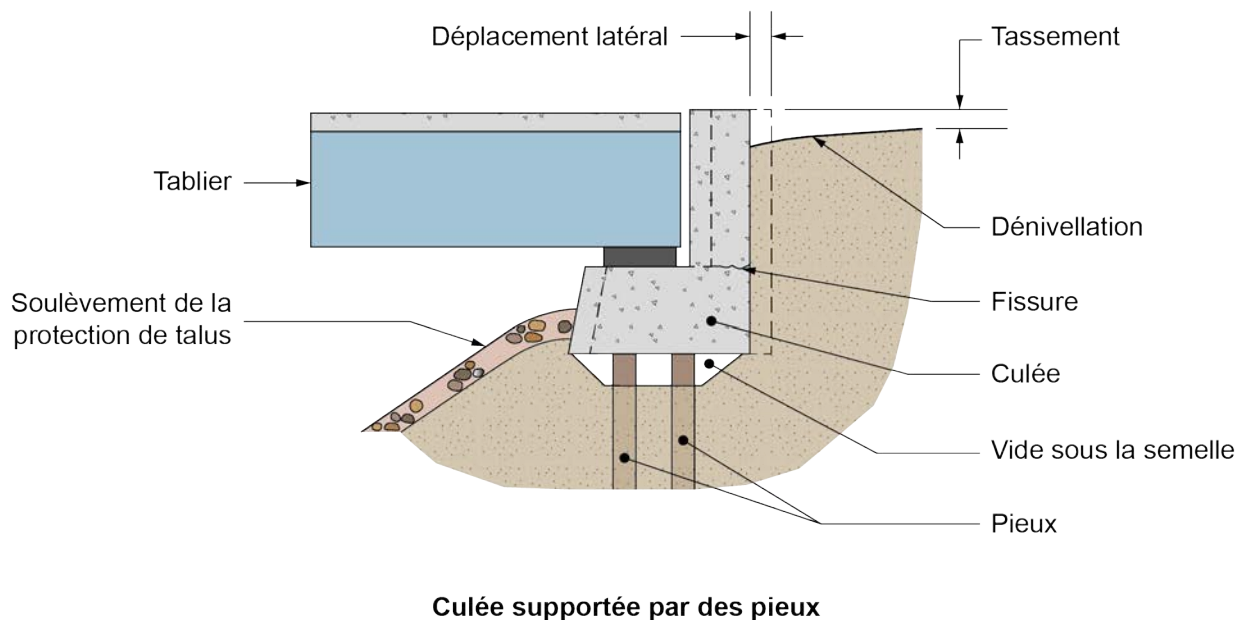


Figure 5.4-2 Le tassement du remblai d'approche

5.4.4 Le glissement

Le glissement est l'affaissement et le déplacement latéral d'une partie du remblai sous l'action de son propre poids. Il est causé par des contraintes de cisaillement trop grandes dans une zone plus faible du matériau qui compose le talus ou le remblai.

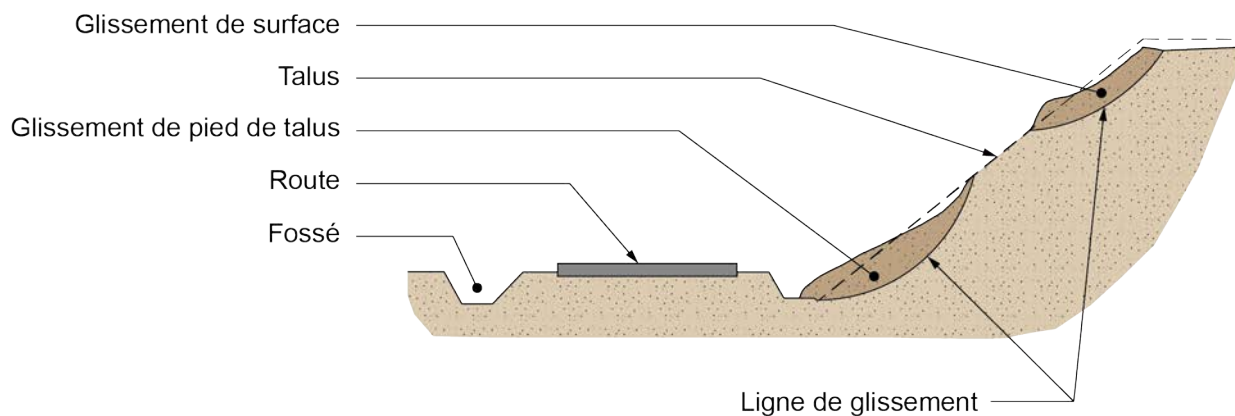
Les principaux types de glissement sont (figure 5.4-3) :

- le glissement de surface qui n'affecte qu'une partie du talus en surface;
- le glissement du pied du talus qui affecte le pied du talus;

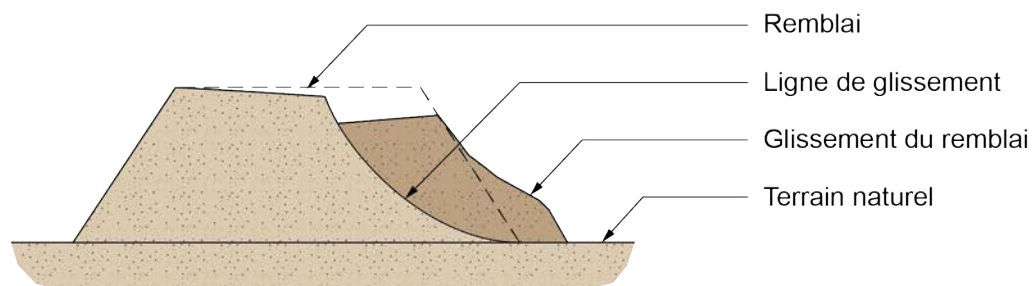
- le glissement du talus qui affecte toute la longueur du talus sur une épaisseur limitée par la ligne de glissement.

Les remblais trop lourds, supportés par un sol dont la capacité portante est insuffisante ou construits avec des matériaux de mauvaise qualité, peuvent être affectés par le glissement. Le glissement affecte aussi les talus des déblais, car ces derniers sont souvent constitués par des matériaux cohésifs.

Un remblai d'approche affecté par un glissement important peut entraîner dans son mouvement la ruine d'une culée ayant une fondation superficielle.



Glissement de surface et de pied de talus



Glissement du remblai

Figure 5.4-3 Types de glissement

5.5 LA PROTECTION DE TALUS

La protection de talus est un ouvrage qui recouvre les talus du remblai d'approche ou les berges d'un cours d'eau. Le rôle principal de la protection de talus est de protéger contre l'affouillement et l'érosion les talus du remblai d'approche et les unités de fondation situées près d'un cours d'eau.

Pour un pont sur rivière, cette protection est constituée de pierres remontant généralement jusqu'au sommet du talus. La protection contre l'affouillement des berges du cours d'eau peut également être réalisée à l'aide de paniers métalliques remplis de pierres, appelés gabions.

Sous un pont d'étagement, la protection de talus est utilisée pour protéger le remblai d'approche contre l'érosion, mais également pour empêcher la prolifération de la végétation. Cette protection peut être constituée par un revêtement en béton, en pierres ou en pavés de béton.

Les défauts qui affectent généralement la protection de talus sont :

- le déplacement ou la perte de matériaux;
- la désagrégation;
- la déchirure du géotextile;
- le sectionnement des fils en acier des gabions.

5.5.1 Le déplacement

Le déplacement de la protection de talus est provoqué par l'affouillement du remblai qui cause son affaissement, par le glissement du remblai, par le gel qui soulève la protection ou par le courant et les glaces qui déplacent les éléments trop légers ou trop vulnérables. Cette dégradation est souvent le résultat d'une mauvaise conception, d'un mauvais choix de matériaux ou d'une mise en œuvre incorrecte. L'affaissement ou le déplacement de la protection causé par l'affouillement ou l'érosion est souvent une indication de son inefficacité.

5.5.2 La désagrégation

La désagrégation est l'effritement des éléments de la protection de talus, principalement sous l'action des cycles de gel-dégel. Cette dégradation est généralement le résultat de la mauvaise qualité des matériaux constituant la protection.

5.5.3 La déchirure du géotextile

Le géotextile est un tissu synthétique se trouvant sous l'empierrement de protection de talus afin de prévenir l'érosion interne du remblai. La déchirure du géotextile permet à l'eau de lessiver les matériaux fins du remblai.

5.5.4 Le sectionnement des fils en acier des gabions

Les fils en acier galvanisé des paniers de gabions peuvent être sectionnés par la corrosion ou par l'impact des glaces ou des débris. Ce dommage peut entraîner la dispersion des pierres contenues dans les paniers et la dégradation de la protection.

5.6 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU

Selon le principe général du système d'évaluation, l'état des matériaux et le comportement des éléments doivent être évalués. Toutefois, comme expliqué à la section 3.7.4, il y a des exceptions à ce principe et les éléments du groupe « Cours d'eau et remblai » en font partie. Ainsi, lors de l'inspection du cours d'eau, de la protection du lit, des remblais d'approche et de la protection des talus, seul le comportement de ces éléments doit être évalué.

5.7 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

5.7.1 Général

Pour évaluer le comportement d'un élément, l'inspecteur doit juger de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure.

Pour ce faire, l'inspecteur doit évaluer l'importance des défauts observés en utilisant :

les critères généraux présentés au tableau 3.4-1;

ou évaluer l'importance des défauts observés en utilisant :

Les critères spécifiques établis pour les éléments du groupe « Cours d'eau et remblai » présentés aux tableaux 5.7-1 à 5.7-4.

Les cotes de comportement qui ne peuvent être déterminées à partir des critères décrits dans les tableaux doivent être évaluées selon le jugement de l'inspecteur. L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui, lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts de comportement observés.

Le niveau d'importance de l'élément (secondaire pour les éléments visés dans le présent chapitre) doit être pris en compte lors de l'évaluation de la cote de comportement (cote CEC).

5.7.2 Évaluation du comportement du cours d'eau

Le tableau 5.7-1 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement du cours d'eau. Les défauts qui ont une incidence sur le comportement du cours d'eau et sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- l'écoulement des eaux frappant un élément, par exemple la berge ou une unité de fondation, et causant des dommages pouvant affecter leur stabilité;
- l'amoncellement de débris ou de sédiments réduisant l'ouverture sous la structure ou causant des dommages pouvant affecter la stabilité d'un élément structural;
- l'affouillement ou la dégradation du lit du cours d'eau.

Les problèmes d'inondation et d'embâcle ne sont pas évalués à partir du système d'évaluation de l'état. Lorsqu'une telle situation est constatée et qu'elle cause ou peut causer un problème au niveau de la structure, alors cette information doit être inscrite dans l'inventaire (case à cocher) afin d'indiquer que la structure est sujette aux inondations ou aux embâcles. Ce type de problème est alors pris en charge par le système de la gestion des risques.

5.7.3 Évaluation du comportement de la protection du lit

Le tableau 5.7-2 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement de la protection du lit du cours d'eau dans le cas des ponceaux présentant ce type de protection. Les défauts qui ont une incidence sur le comportement de cet élément et sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont la perte et les défauts de matériaux causés par l'action du courant et des glaces affectant l'efficacité de la protection;

5.7.4 Évaluation du comportement du remblai

Le tableau 5.7-3 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement du remblai. Les défauts qui ont une incidence sur le comportement du remblai d'approche et sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- la perte de matériaux du remblai causée par l'affouillement ou l'érosion pouvant affecter sa stabilité;
- le mouvement du remblai pouvant affecter sa stabilité tel le tassement ou le glissement.

5.7.5 Évaluation du comportement de la protection de talus

Le tableau 5.7-4 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement de la protection de talus. Les défauts qui ont une incidence sur le comportement de cet élément et sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont la perte et les défauts de matériaux causés par l'action du courant et des glaces affectant l'efficacité de la protection.

Tableau 5.7-1 Critères spécifiques – Comportement – Cours d'eau

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Mauvais alignement du cours d'eau causant des dommages et pouvant affecter la stabilité de la structure	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
2 - Débris ou sédiments transportés par le cours d'eau causant une réduction de l'ouverture ou des dommages pouvant affecter la stabilité d'un élément	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
3 - Affouillement du lit du cours d'eau au pourtour d'une pile jusqu'à un niveau situé entre le dessus et le dessous de la semelle de fondation			présence ⁽¹⁾	
1. Lorsque l'affouillement se situe sous la semelle, il doit être considéré au niveau de l'élément « Fondation » et traité en utilisant le critère 1 ou 2 du tableau 6.9-1.				

Tableau 5.7-2 Critères spécifiques – Comportement – Protection du lit (ponceaux seulement)

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Défauts ou perte de matériaux affectant l'efficacité de la protection	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 30 %)	de façon importante (de 30 à 50 %)	de façon très importante (plus de 50 %)

Tableau 5.7-3 Critères spécifiques – Comportement – Remblai

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Perte de matériaux affectant le comportement du remblai	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
2 - Mouvement affectant la stabilité du remblai	aucunement (mouvement stabilisé)	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante

Tableau 5.7-4 Critères spécifiques – Comportement – Protection de talus

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Défauts ou perte de matériaux affectant l'efficacité de la protection	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 30 %)	de façon importante (de 30 à 50 %)	de façon très importante (plus de 50 %)

5.8 EXEMPLES

5.8.1 Le cours d'eau

Exemple 1

Élément :
Cours d'eau



Défaut observé :

- Changement de l'axe du cours d'eau créant un écoulement qui attaque le remblai d'approche. La stabilité de ce dernier est diminuée de façon très importante.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 1

Exemple 2

Élément :
Cours d'eau



Défaut observé :

- Changement dans l'axe du lit créant un écoulement qui attaque latéralement la culée et réduit de façon très importante la stabilité (perte du remblai d'approche).

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 1

Exemple 3

Élément :
Cours d'eau



Défaut observé :

- Débris transportés par le cours d'eau causant une réduction de l'ouverture pouvant diminuer de façon appréciable la stabilité de la structure.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 3

Exemple 4

Élément :
Cours d'eau



Défaut observé :

- Affouillement du lit au pourtour de la pile jusqu'à un niveau situé entre le dessus et le dessous de la semelle.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 2

5.8.2 La protection du lit

Exemple 5

Élément :
Protection du lit



Défaut observé :

- Défaut de la protection du lit réduisant de façon très importante son efficacité.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 1

5.8.3 Le remblai

Exemple 6

Élément :
Remblai
d'approche



Défauts observés :

- Perte de matériaux causée par l'érosion affectant de façon importante le comportement du remblai.
- Un seul côté de la culée est affecté.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 2

Exemple 7

Élément :
Remblai
d'approche



Défauts observés :

- Perte de matériaux du remblai causée par l'érosion et par l'absence de membrane géotextile, et affectant légèrement le comportement du remblai.
- Aucun défaut n'est observé pour la partie du remblai située de l'autre côté de l'approche.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 4

Exemple 8

Élément :
Remblai
d'approche



Défauts observés :

- Perte de matériaux du remblai causée par l'érosion et affectant de façon appréciable la stabilité de celui-ci.
- Aucun défaut n'est observé pour la partie du remblai située de l'autre côté de l'approche.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 3

5.8.4 La protection de talus

Exemple 9

Élément :
Protection de talus



Défaut observé :

- Protection de talus endommagée sur un seul côté affectant l'efficacité de la protection de façon appréciable.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 3

Exemple 10

Élément :
Protection de
talus



Défaut observé :

- Protection de talus endommagée diminuant d'environ 20 % l'efficacité à protéger le remblai.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 3

CHAPITRE 6

UNITÉS DE FONDATION

TABLE DES MATIÈRES

6.1	GÉNÉRALITÉS	6-1
6.2	LES CHARGES SOLLICITANT LES UNITÉS DE FONDATION	6-2
6.2.1	La poussée des glaces	6-3
6.2.2	Les séismes	6-4
6.2.3	Le gel du sol	6-4
6.3	LES MOUVEMENTS ET LEURS CAUSES	6-4
6.3.1	Le tassement du sol sous l'unité	6-4
6.3.2	La rupture du sol sous l'unité	6-7
6.3.3	L'affouillement et l'érosion	6-9
6.3.4	La détérioration de la semelle et des pieux	6-9
6.4	L'IMPACT DES MOUVEMENTS SUR LE TABLIER	6-12
6.4.1	La structure discontinue	6-12
6.4.2	La structure continue	6-12
6.4.3	L'effet du mouvement des culées sur le tablier	6-16
6.4.4	L'effet du mouvement des piles	6-20
6.5	LA DÉTECTION DES MOUVEMENTS	6-22
6.6	LES DÉFAUTS SPÉCIFIQUES AUX UNITÉS DE FONDATION	6-22
6.6.1	Les défauts affectant les culées	6-22
6.6.2	Les défauts affectant les piles	6-26

6.7	LES APPAREILS D'APPUI	6-27
6.7.1	Les types	6-28
6.7.2	Les défauts	6-28
6.8	L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU	6-35
6.9	L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT	6-36
6.9.1	Général	6-36
6.9.2	Évaluation des unités de fondation	6-37
6.9.3	Évaluation des appareils d'appui	6-37
6.10	EXEMPLES	6-41
6.10.1	Unités de fondation	6-41
6.10.2	Les appareils d'appui	6-50

FIGURES

Figure 6.2-1	Conditions de stabilité d'une culée en porte-à-faux	6-3
Figure 6.3-1	Tassement uniforme et différentiel	6-6
Figure 6.3-2	Tassement différentiel de la culée	6-7
Figure 6.3-3	Rupture de la fondation d'une pile	6-8
Figure 6.3-4	Rupture de la fondation d'une culée ou d'un mur de soutènement	6-9
Figure 6.3-5	Mouvements causés par la dégradation de la fondation et par le gel	6-11
Figure 6.4-1	Effet du tassement différentiel sur le tablier d'une structure discontinue	6-13
Figure 6.4-2	Effet du tassement différentiel d'une culée sur le tablier	6-14
Figure 6.4-3	Effet du tassement différentiel d'une pile sur le tablier	6-15
Figure 6.4-4	Mouvements de culées limités par le tablier	6-17
Figure 6.4-5	Modification du comportement d'une culée	6-18
Figure 6.4-6	Effets des mouvements de fondation sur la culée	6-19
Figure 6.4-7	Déplacement de la pile limité par le tablier	6-21
Figure 6.4-8	Effets du déplacement d'une pile	6-21
Figure 6.7-1	L'appareil d'appui en acier à pendule	6-31
Figure 6.7-2	Effet des appareils d'appui bloqués	6-33
Figure 6.7-3	Effets des appareils d'appui bloqués	6-34

TABLEAUX

Tableau 6.1-1	Éléments des unités de fondation	6-1
Tableau 6.8-1	Critères spécifiques – Matériau – Unités de fondation	6-35
Tableau 6.8-2	Critères spécifiques – Matériau – Appareils d'appui	6-36
Tableau 6.9-1	Critères spécifiques – Comportement – Unités de fondation	6-38
Tableau 6.9-2	Critères spécifiques – Comportement – Appareils d'appui	6-40

6.1 GÉNÉRALITÉS

L'unité de fondation est la partie d'une structure qui a pour fonction de supporter les charges provenant du tablier et des remblais. L'unité de fondation peut prendre la forme d'une culée ou d'une pile. Des ouvrages de soutènement comme les murs en retour ou en aile complètent les unités de fondation.

Les éléments qui font partie des groupes « Culées » et « Piles » sont traités dans le présent chapitre. Il s'agit des éléments présentés dans le tableau 6.1-1.

Tableau 6.1-1 Éléments des unités de fondation

Groupe	Élément	Niveau d'importance ⁽¹⁾	Caractéristiques dimensionnelles ⁽²⁾
Culées ou Piles	Fondation	P	S. O.
	Chevêtre	P	Surface
	Assise	P	Surface
	Blocs d'assise	P	Nombre
	Corbeaux	P	Nombre
	Appareils d'appui	P	Nombre
	Butoirs	S	Nombre
Culées	Mur de front	P	Surface
	Colonnes	P	Surface et nombre
	Garde-grève	S	Surface
	Mur en aile/en retour	S	Surface
Piles	Fût	P	Surface
	Colonnes /bancs	P	Surface et nombre

1. P : principal S : secondaire

2. Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures*.

Les culées sont généralement constituées d'un mur de front, d'une assise et d'un garde-grève. Des blocs d'assise, des corbeaux ou des butoirs peuvent également être présents.

Les culées doivent retenir le remblai d'approche de la structure et supporter les charges provenant du tablier. Les murs en aile et les murs en retour sont des ouvrages de soutènement que l'on ajoute à la culée pour contenir le remblai d'approche.

La pile est un ouvrage qui sert à soutenir deux travées adjacentes d'un pont. En plus de supporter son propre poids, la pile doit supporter les charges verticales et horizontales transmises par chacune des travées, contenir la poussée hydrostatique de l'eau ou la poussée produite par le courant et les glaces et résister à l'impact d'un véhicule ou d'un navire.

6.2 LES CHARGES SOLLICITANT LES UNITÉS DE FONDATION

Les unités de fondation sont sollicitées principalement par les charges permanentes et la surcharge routière qui proviennent du tablier et par la poussée du remblai qu'elles retiennent. Étant donné l'augmentation de la masse des camions autorisés à circuler sur les routes, les unités de fondation des ouvrages plus anciens sont sollicitées de façon plus importante qu'au moment de leur mise en service et cela peut avoir un impact sur la stabilité de ces unités. En outre, l'ajout d'une couche d'usure sur le tablier d'une structure et des transformations, comme l'enlèvement des trottoirs pour permettre l'ajout d'une voie de circulation, sont des modifications qui entraînent aussi des charges supplémentaires sur les fondations.

De plus, la construction inadéquate du remblai ou son rehaussement, l'augmentation de la quantité d'eau qu'il retient (remblai immergé ou drains obstrués) ou la formation de lentilles de glace dans le remblai sont des facteurs qui entraînent un accroissement considérable de la poussée des terres sur les ouvrages de soutènement et les culées. Ces modifications aux conditions initiales d'un ouvrage peuvent provoquer des désordres au niveau de la stabilité de l'ouvrage surtout en présence d'un sol de faible capacité. La figure 6.2-1 illustre les conditions de stabilité d'une culée en porte-à-faux.

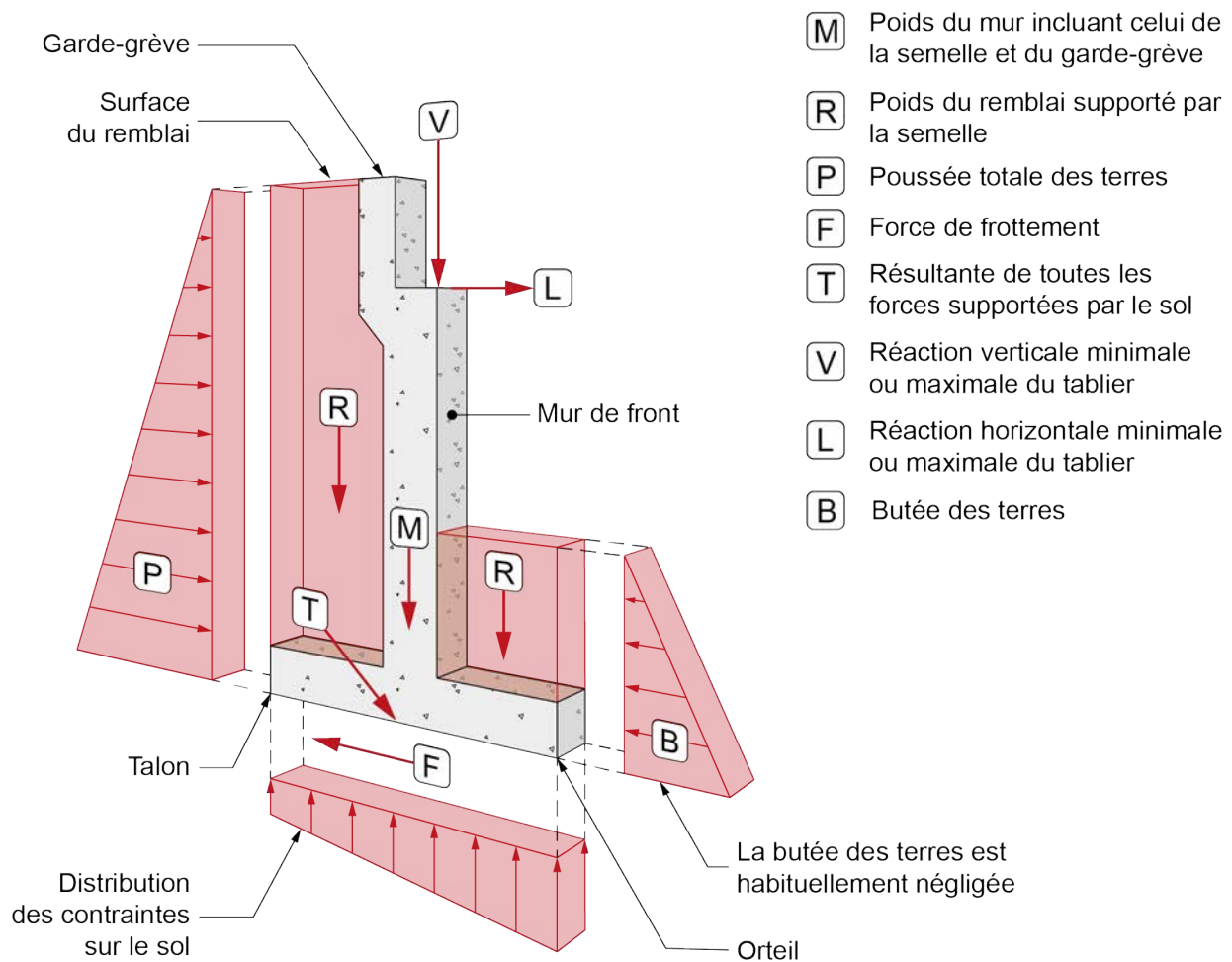


Figure 6.2-1 Conditions de stabilité d'une culée en porte-à-faux

D'autres charges peuvent également solliciter les unités de fondation dont :

- la poussée des glaces;
- les séismes;
- le gel du sol.

6.2.1 La poussée des glaces

Les unités de fondation situées en rivière peuvent être sollicitées par les glaces à une hauteur ou dans une direction différente de celle prévue lors de la conception en raison, par exemple, du rehaussement ou d'une déviation du lit du cours d'eau.

6.2.2 Les séismes

Les séismes peuvent provoquer le déplacement ou la rupture d'une unité de fondation. Ce n'est que depuis 1966 que la norme canadienne CAN/CSA-S6 a introduit des prescriptions relatives aux tremblements de terre dans le calcul des ponts routiers. De plus, ce n'est que depuis la parution de l'édition en 2000 de cette même norme que les modélisations sismiques se sont raffinées afin de tenir compte, entre autres, des paramètres sismologiques des sites, de la ductilité et de la réponse sismique d'une structure.

6.2.3 Le gel du sol

Le soulèvement du sol par le gel est causé par la formation de lentilles de glace entre les particules. Les semelles situées au-dessus du niveau de pénétration du gel (variable selon les régions) peuvent donc être influencées par le soulèvement du sol et par la perte de la capacité de support lors du dégel.

6.3 LES MOUVEMENTS ET LEURS CAUSES

La principale fonction d'une unité de fondation est de supporter les charges imposées sans mouvement appréciable.

Les structures à travée simple ou à travées multiples discontinues peuvent tolérer des mouvements différentiels mineurs sans autres dommages que quelques fissures superficielles. Par contre, les mouvements plus importants peuvent entraîner une redistribution des efforts dans la structure, le renversement des appareils d'appui, le flambement des éléments les plus fragiles de l'ossature ainsi que des fissures dans la dalle et les éléments plus rigides (glissière, chasse-roue, trottoir).

Les causes possibles des mouvements des unités de fondation sont :

- le tassement du sol sous l'unité;
- la rupture du sol sous l'unité;
- l'affouillement et l'érosion;
- la détérioration de la semelle et des pieux.

6.3.1 Le tassement du sol sous l'unité

Le tassement du sol est le résultat de l'expulsion de l'air ou de l'eau, qui survient lors du compactage ou de la consolidation sous l'effet des charges. L'ampleur du tassement dépend de l'intensité des contraintes produites sur le sol par la semelle et de la qualité

du sol de fondation. Elle est aussi directement proportionnelle aux différentes épaisseurs de sol sollicitées. Plus cette épaisseur est grande, plus le tassement anticipé peut être important.

Le tassement du sol sous l'unité de fondation peut se produire de façon uniforme ou différentielle. Le tassement uniforme est le déplacement vertical constant du sol sous l'action des charges.

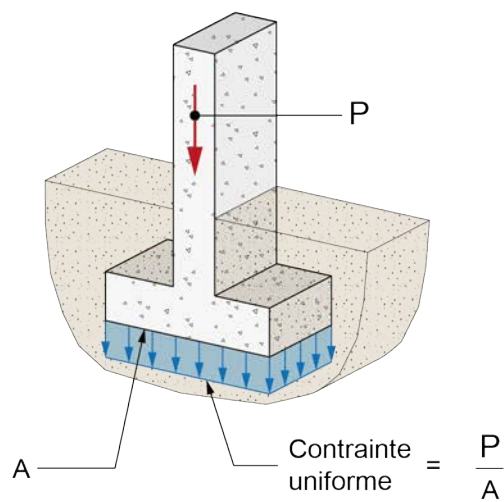
Le tassement différentiel de l'unité de fondation est provoqué par la variation d'intensité des contraintes appliquées au sol, par une variation de la capacité portante du sol ou encore, par la variation de l'épaisseur de la couche de sol le long de l'élément. Le tassement différentiel est le phénomène le plus courant et s'observe par une rotation longitudinale, transversale ou une combinaison des deux.

De façon générale, les contraintes produites sur le sol par une culée sont plus élevées du côté avant de l'ouvrage que du côté arrière. Ce type de tassement différentiel produit un mouvement de rotation qui peut mener au renversement de l'unité de fondation (figure 6.3-1).

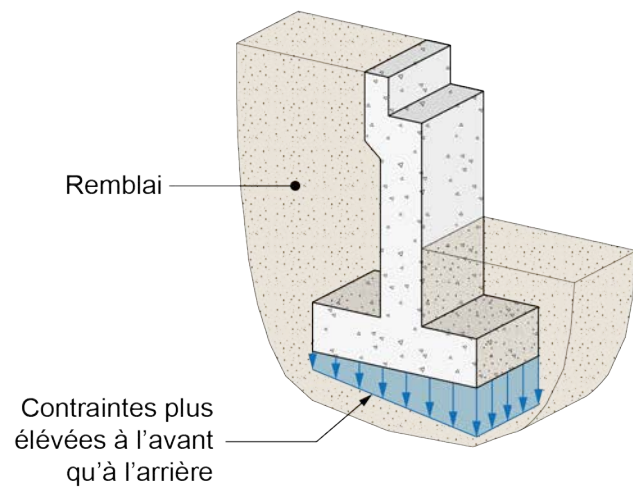
Lorsque l'épaisseur de la couche de sol sous l'unité de fondation varie (figure 6.3-2), le tassement est important là où la couche est la plus épaisse. Ce type de tassement provoque des fissures verticales dans l'unité de fondation affectée. Il entraîne aussi des efforts de torsion dans le tablier, des fissures dans la dalle et favorise également le glissement latéral des appareils d'appui.

Dans les sols granulaires, comme le sable et le gravier, l'air et l'eau sont expulsés assez facilement ce qui favorise les petits déplacements qui se produisent généralement durant la construction de l'ouvrage.

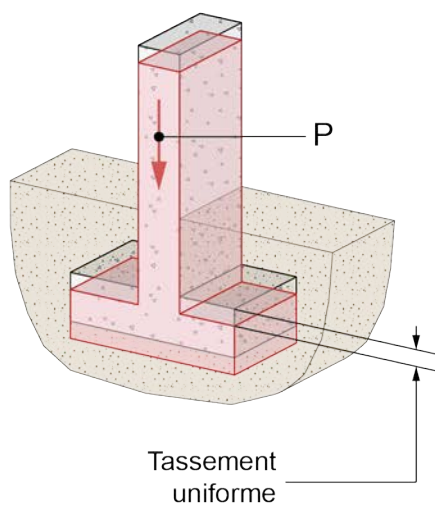
À l'inverse, les sols cohésifs, comme l'argile et le silt argileux, sont saturés d'eau et leur perméabilité est très faible. Cette grande quantité d'eau ne peut donc être expulsée qu'à long terme par la pression exercée par la semelle ou le remblai et implique habituellement des tassements plus importants qui se produisent sur une plus longue période.



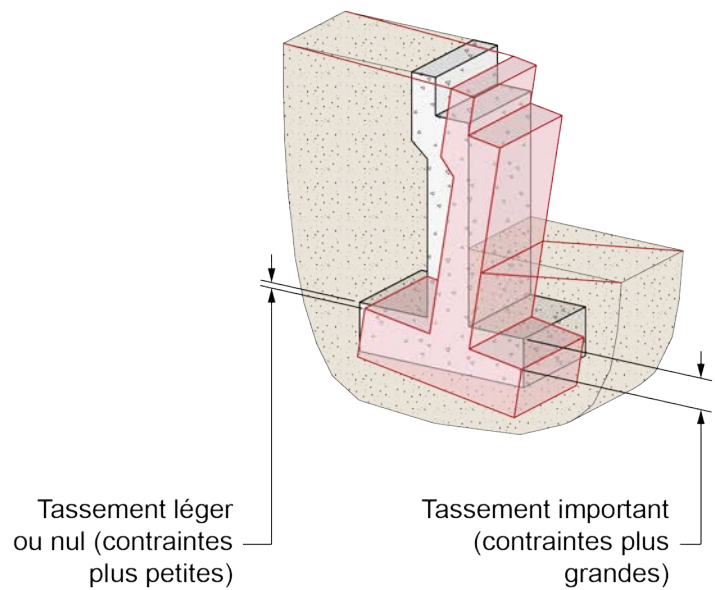
Pile



Culée ou mur de soutènement



Tassement uniforme



Tassement différentiel

Figure 6.3-1 Tassement uniforme et différentiel

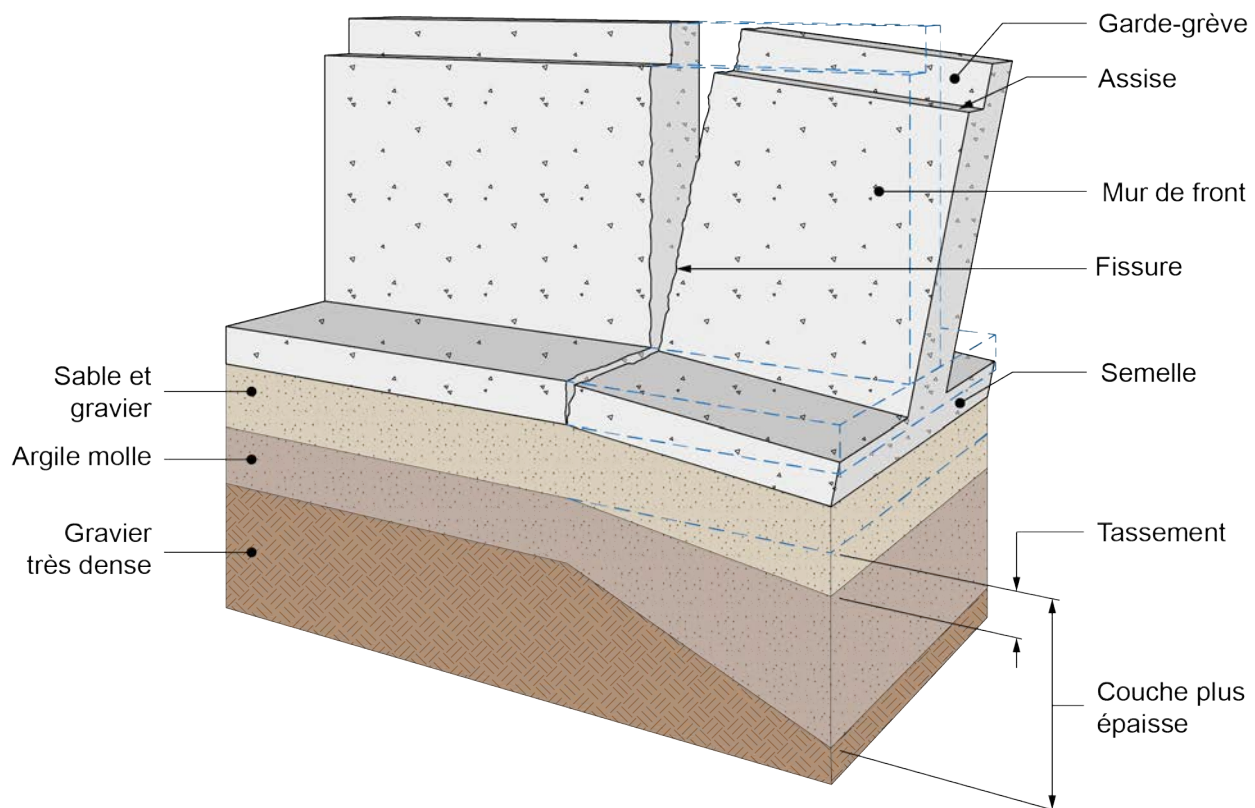


Figure 6.3-2 Tassement différentiel de la culée

6.3.2 La rupture du sol sous l'unité

La rupture de la fondation est l'affaissement du sol et des ouvrages supportés, provoqué par des contraintes dépassant la résistance du sol. Le sol se déplace alors le long d'un arc de cercle appelé ligne de rupture qui correspond à la zone de contraintes maximales ou à la surface du sol qui offre le moins de résistance au déplacement. En plus de l'affaissement de la semelle, la rupture implique généralement sa rotation et le relèvement du sol d'un côté ou de chaque côté de l'unité de fondation. La figure 6.3-3 montre la rupture de la fondation d'une pile. Bien que ce défaut affecte rarement les structures, la rupture de la fondation mène irrémédiablement à la ruine de l'ouvrage.

Dans le cas d'une culée, la rupture de la fondation est favorisée par la présence du remblai dont les contraintes s'additionnent à celles causées par la pression de la semelle comme montrée à la figure 6.3-4.

Les sols granulaires ont une meilleure résistance au cisaillement et à la rupture que les sols cohésifs. En effet, sous l'action de la pression, les granulats qui composent ces sols s'imbriquent les uns aux autres, les empêchant ainsi de se déplacer. Cette résistance est d'autant plus favorisée par une granulométrie contenant très peu de vides, ceux-ci étant comblés par les grains les plus fins.

Les sols cohésifs, quant à eux, offrent moins de résistance au cisaillement. Cette résistance augmente cependant avec la consolidation, c'est-à-dire avec la diminution de la quantité d'eau contenue dans le sol et le réarrangement des particules argileuses.

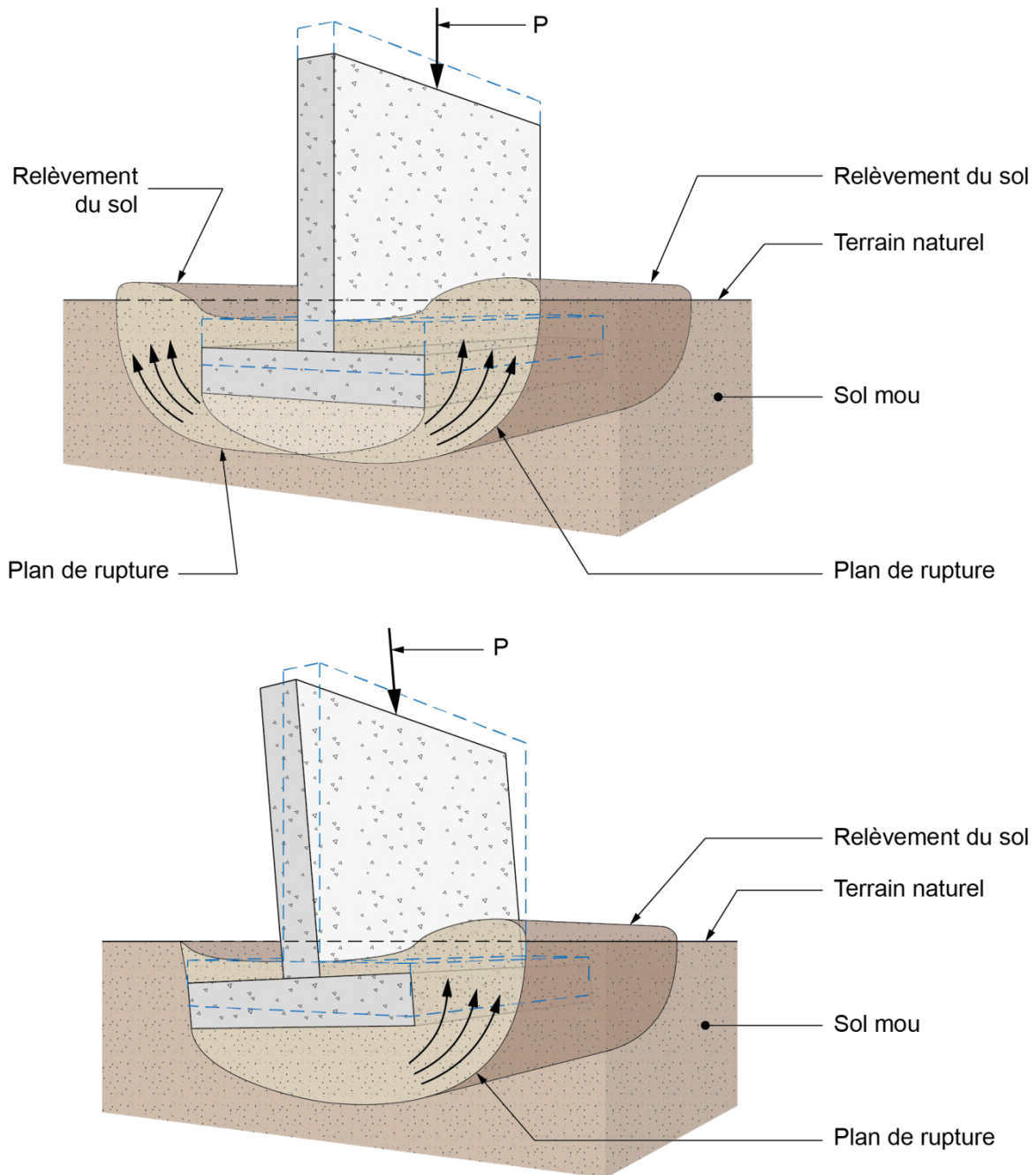


Figure 6.3-3 Rupture de la fondation d'une pile

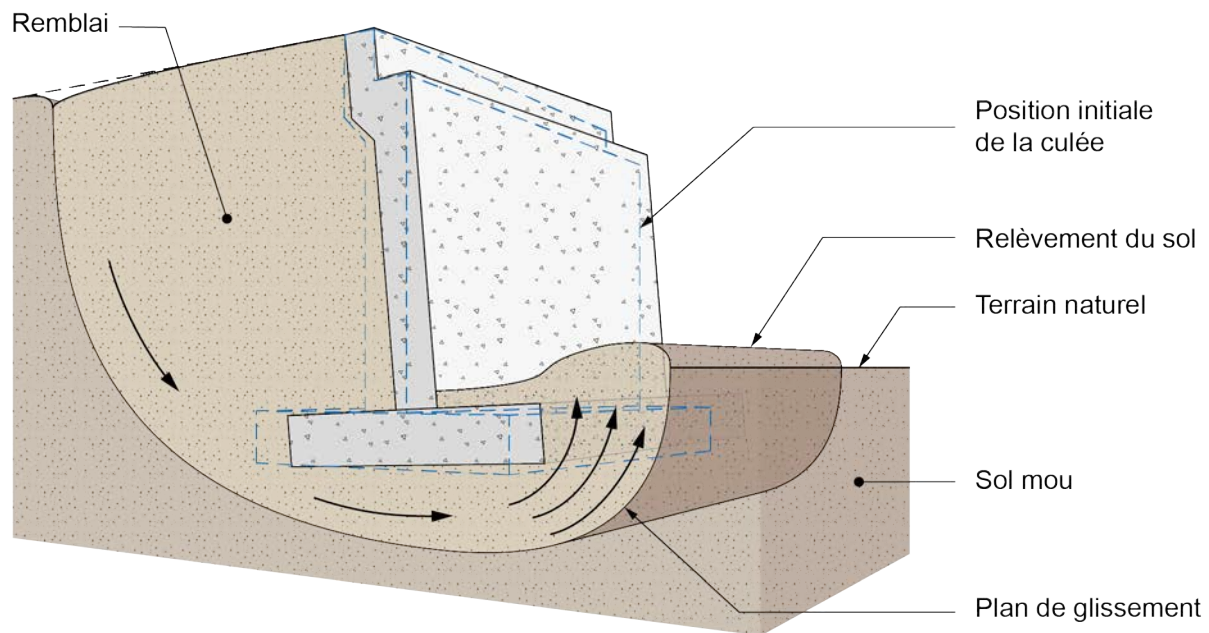


Figure 6.3-4 Rupture de la fondation d'une culée ou d'un mur de soutènement

6.3.3 L'affouillement et l'érosion

La perte de matériau du sol sous la semelle de la fondation, causée par le courant, les glaces ou l'eau de ruissellement, entraîne une augmentation des contraintes sur la partie restante du sol sous la semelle, ce qui entraîne généralement un tassement différentiel et pourrait provoquer un mouvement de rotation et, ultimement, le renversement de l'unité de fondation.

L'affouillement et l'érosion n'affectent généralement pas le comportement des unités de fondation supportées par des pieux. Cependant, une perte importante de matériaux autour des pieux pourrait diminuer leur capacité portante et même provoquer le flambement de ces pièces.

6.3.4 La détérioration de la semelle et des pieux

6.3.4.1 La détérioration de la semelle

Les principaux défauts qui peuvent affecter la semelle sont les suivants :

- l'éclatement du béton causé par l'impact des glaces;
- l'érosion par abrasion affectant les surfaces en béton exposées à l'action du courant;
- la fissuration.

La détérioration des matériaux constituant la semelle entraîne une diminution de sa surface effective et un accroissement des contraintes sous la partie restante, ce qui pourrait initier un tassement différentiel et un mouvement de rotation.

Les défauts de matériaux de la semelle peuvent aussi endommager la surface d'appui des pieux et même dégager complètement leur tête, limitant ainsi le nombre de pieux supportant l'unité de fondation.

6.3.4.2 La détérioration des pieux

La partie exposée des pieux en bois, en acier ou en béton peut être endommagée par les débris et les glaces. Elle peut aussi être endommagée par la pourriture, la corrosion ou les défauts du béton lorsqu'elle est située au-dessus de la nappe phréatique ou exposée à des cycles de séchage et de mouillage.

Également, les défauts de construction des pieux, comme l'endommagement lors de l'enfoncement, l'insuffisance d'enfoncement ou le mauvais remplissage de béton peuvent contribuer à diminuer leur capacité portante ou à initier le déplacement d'une unité de fondation.

La figure 6.3-5 montre les mouvements dus au gel du sol et à la dégradation de la semelle de fondation ou des pieux.

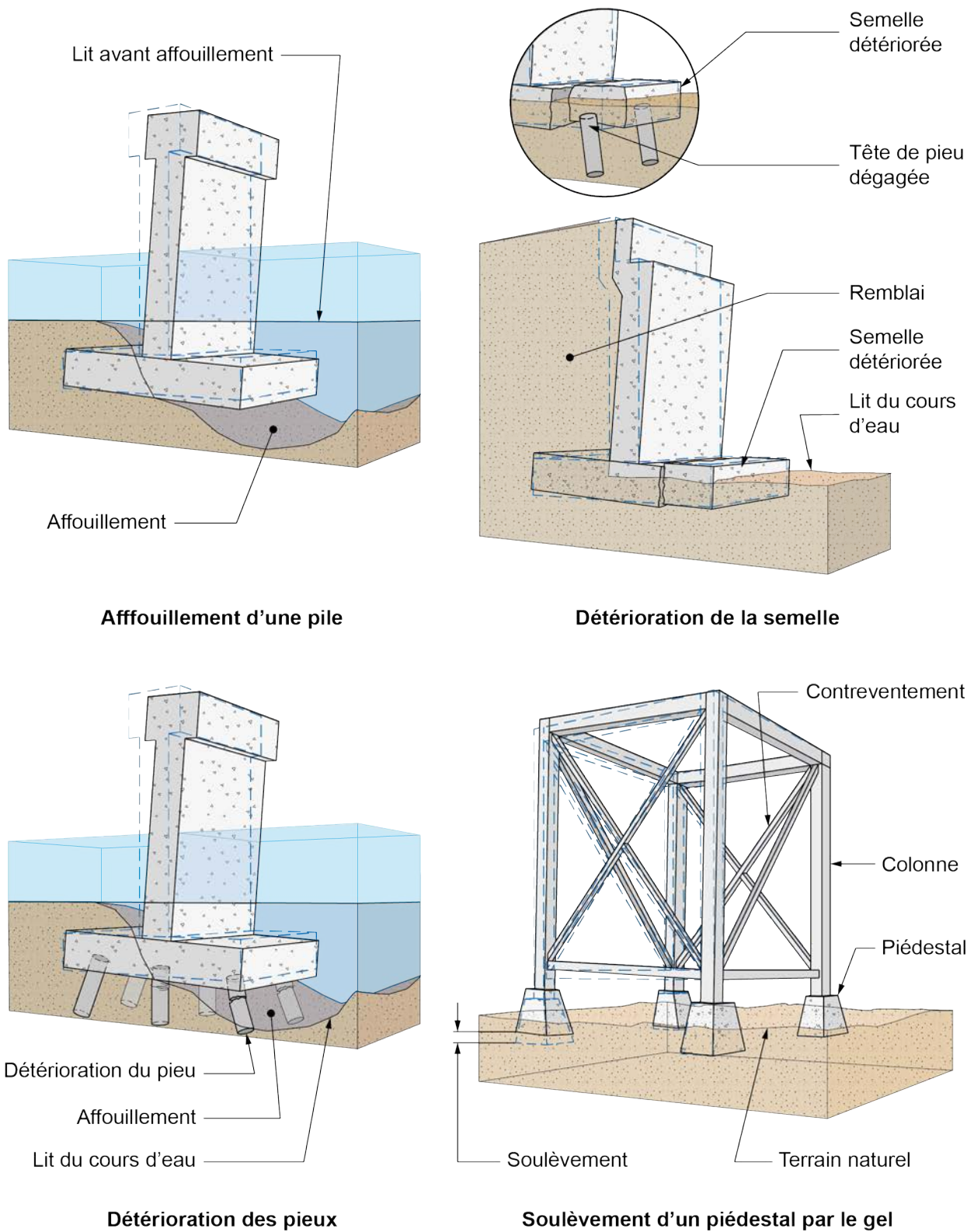


Figure 6.3-5 Mouvements causés par la dégradation de la fondation et par le gel

6.4 L'IMPACT DES MOUVEMENTS SUR LE TABLIER

Tous les mouvements décrits précédemment ont un certain impact sur le comportement de la structure (culée, pile, appareil d'appui, tablier). Cependant, ces impacts peuvent être plus ou moins importants dépendamment de type de continuité du système structural principal du tablier.

6.4.1 La structure discontinue

La structure discontinue, c'est-à-dire celle qui comporte un joint de tablier aux extrémités de chaque travée, est habituellement peu affectée par de faibles tassements différentiels (figure 6.4-1).

Dans le cas des ponts acier-bois, les caissons à claire-voie tolèrent des mouvements plus importants, car la flexibilité du bois fait en sorte que les pièces qui constituent les caissons et le plancher du tablier peuvent s'adapter à des déplacements sans causer de dommages appréciables à l'ensemble de la structure.

6.4.2 La structure continue

Dans le cas d'une structure continue, les déplacements verticaux causés par les tassements différentiels induisent nécessairement des efforts à des endroits qui n'ont pas été prévus lors de la conception. Ces efforts peuvent même s'inverser si le déplacement entre les unités de fondation devient important.

Sur les figures 6.4-2 et 6.4-3, le tassement différentiel des unités de fondation les unes par rapport aux autres provoque des efforts de traction et par conséquent, le développement de fissures, dans les parties des éléments du tablier situés au-dessus des piles. L'intensité de ces efforts de traction est proportionnelle à l'ampleur du tassement entre les unités de fondation adjacentes

Le mouvement latéral ou la rotation d'une culée ou d'une pile peuvent entraîner le renversement des appareils d'appui à pendule et produire le déplacement vertical non uniforme des appuis de la structure. Les dommages au tablier sont alors semblables à ceux produits par le tassement différentiel.

Ces mouvements de culées peuvent aussi provoquer la fermeture ou l'ouverture excessive des joints de dilatation.

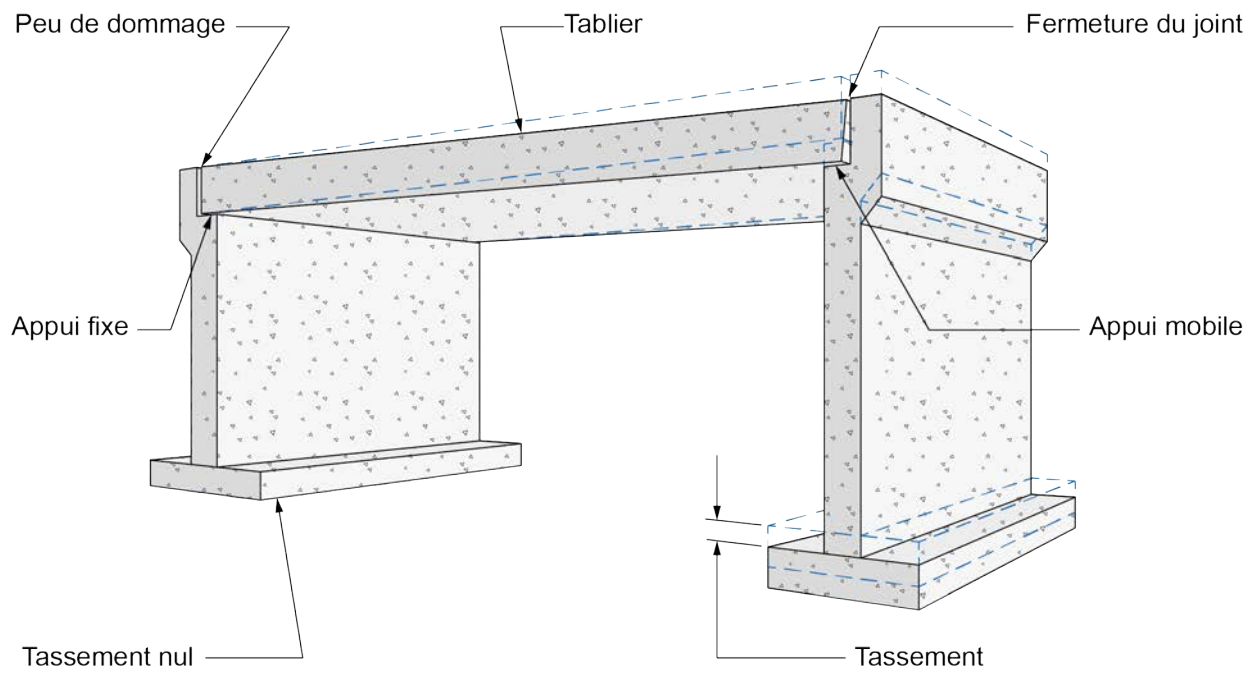
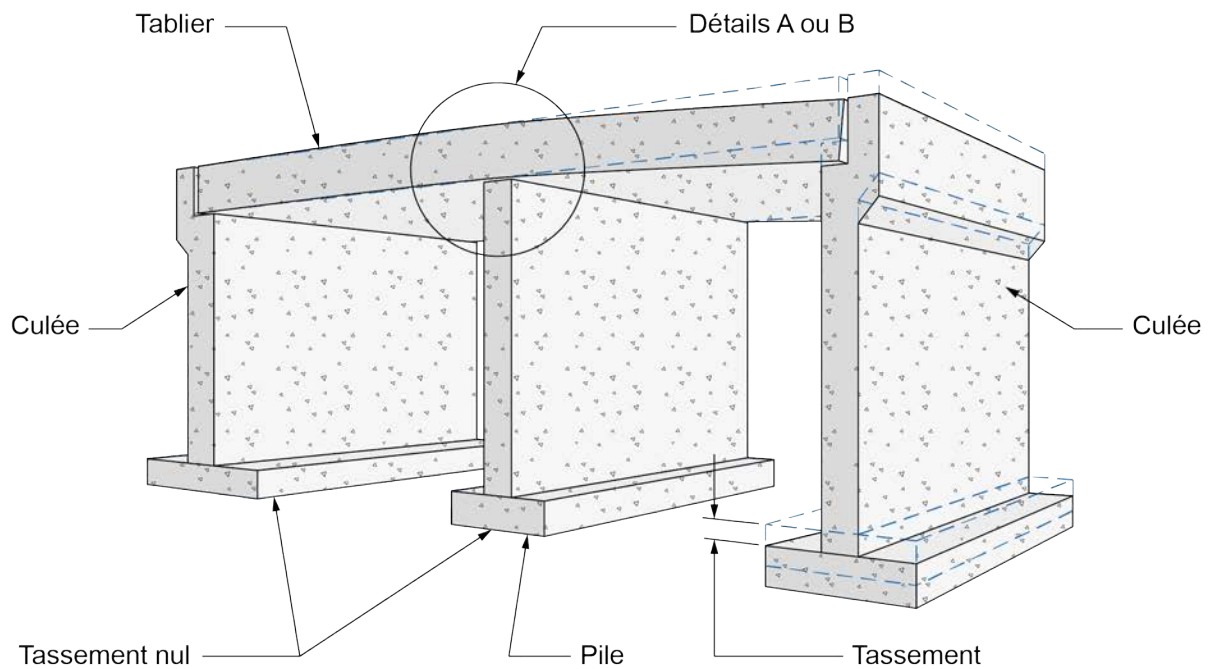
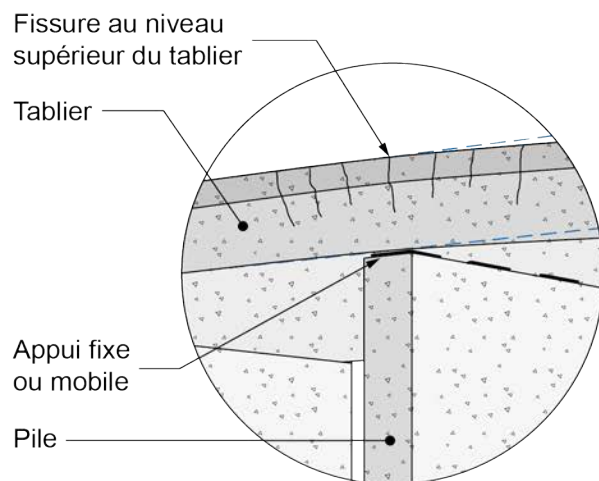


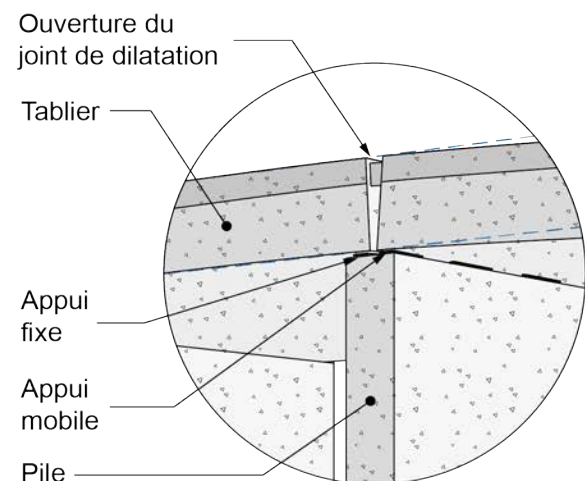
Figure 6.4-1 Effet du tassement différentiel sur le tablier d'une structure discontinue



Structure continue ou discontinue

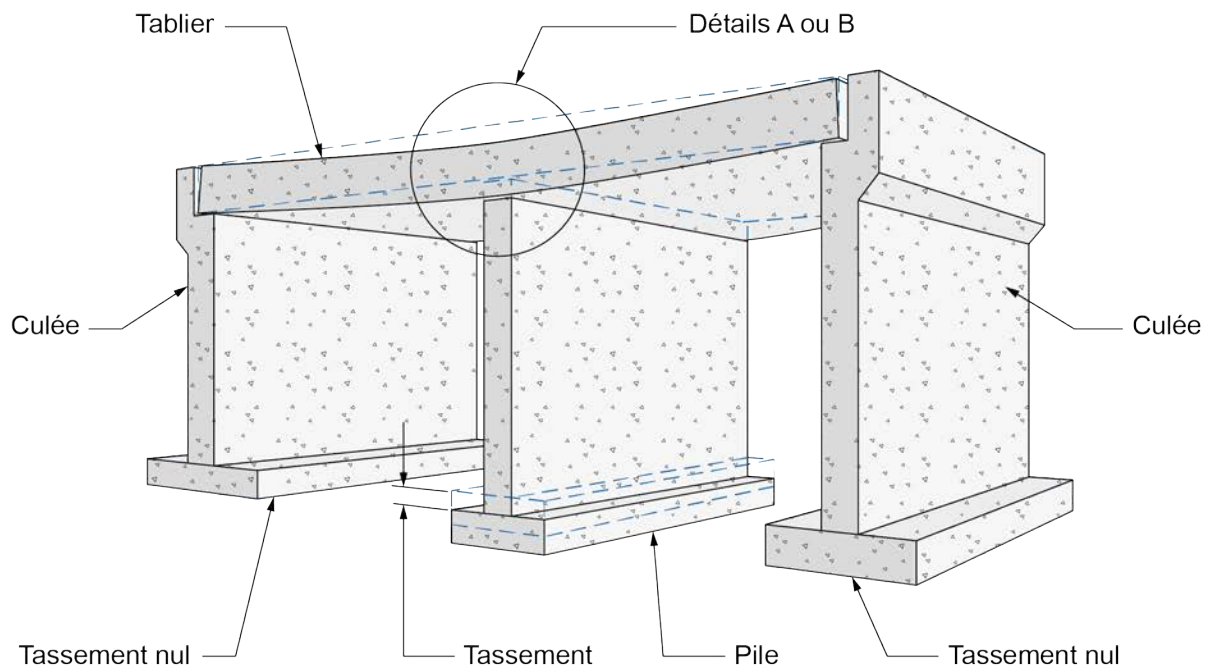


Structure continue
Détail A

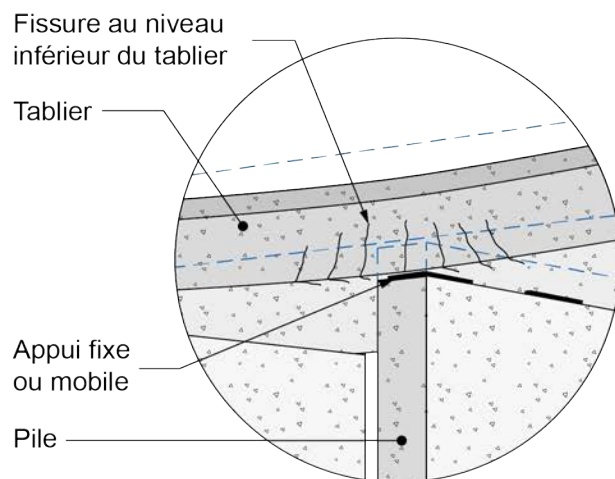


Structure discontinue
Détail B

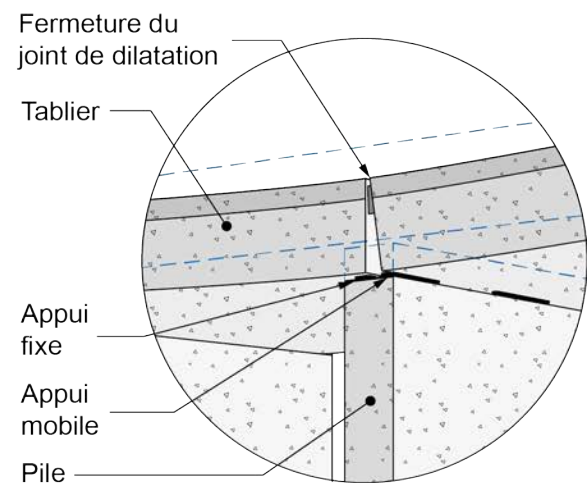
Figure 6.4-2 Effet du tassement différentiel d'une culée sur le tablier



Structure continue ou discontinue



Structure continue
Détail A



Structure discontinue
Détail B

Figure 6.4-3 Effet du tassement différentiel d'une pile sur le tablier

6.4.3 L'effet du mouvement des culées sur le tablier

Les déplacements causés par les tassements différentiels affectent surtout les culées. Une surcharge, causée par l'ajout des matériaux de remblayage ou par un drainage déficient, est souvent à l'origine de ces défauts. Dans le cas des culées supportées par des pieux, le tassement du sol sous la fondation engendre des forces de frottement additionnelles sur ces derniers.

Lorsque les mouvements se caractérisent par le déplacement de la partie supérieure de la culée vers l'intérieur de la travée, ceux-ci sont souvent limités par la butée du garde-grève contre le tablier. Pour que la rotation puisse mener au renversement de l'unité de fondation, le garde-grève doit céder ou encore, le tablier doit succomber sous la pression, ce qui est très peu courant. Les efforts engendrés par le mouvement de rotation dans ces éléments sont habituellement trop faibles pour provoquer de tels dommages.

La figure 6.4-4 montre les mouvements de culées limités par le tablier de la structure. Ces mouvements ne sont généralement observés qu'aux appuis mobiles de la structure, les déplacements étant empêchés du côté des appuis fixes. Cette observation ne permet pas de déterminer la contribution de chacune des culées de la structure puisque le résultat est la somme des déplacements produits par chacune d'elles.

De plus, lorsque le garde-grève bute contre la structure, les culées ne peuvent plus se déplacer et l'appui mobile de la structure se comporte comme un appui fixe. Le mur de front de la culée, conçu pour supporter les charges en porte-à-faux, réagit désormais comme une dalle épaisse, retenue à sa partie supérieure par le tablier de la structure et à sa base par la semelle de la culée. La figure 6.4-5 montre la modification du comportement du mur de front lorsque le garde-grève bute contre le tablier. Cette nouvelle configuration, ajoutée à la pression exercée par la dilatation de la structure, peut causer des fissures importantes dans le garde-grève et au niveau de l'assise des poutres (figure 6.4-6).

Il faut également mentionner que le tassement différentiel qui se produit le long d'un axe perpendiculaire au sens de la circulation peut provoquer des fissures verticales dans le garde-grève, dans le mur de front ainsi que dans la semelle de la culée.

Quant aux murs en aile et aux murs en retour, le tassement peut aussi occasionner des contraintes de traction additionnelles non prévues et, par conséquent, des fissures à leur jonction avec le mur de front de la culée.

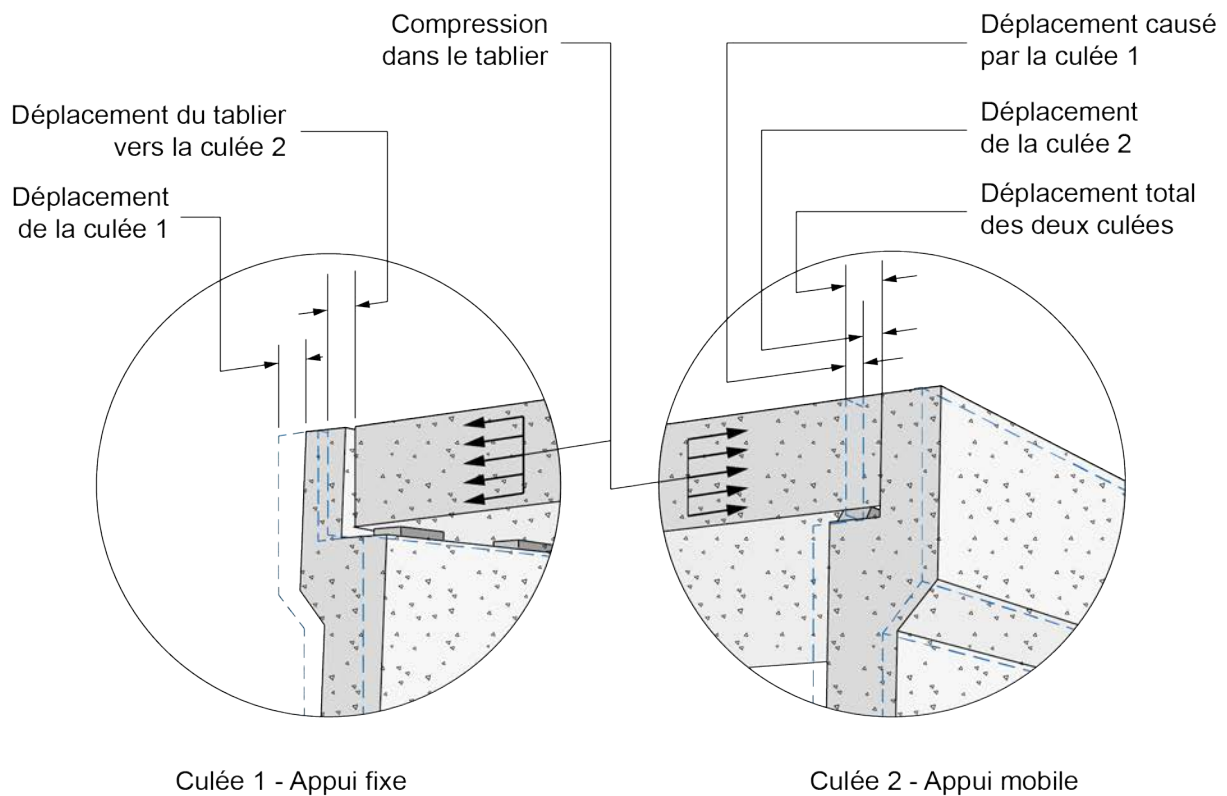
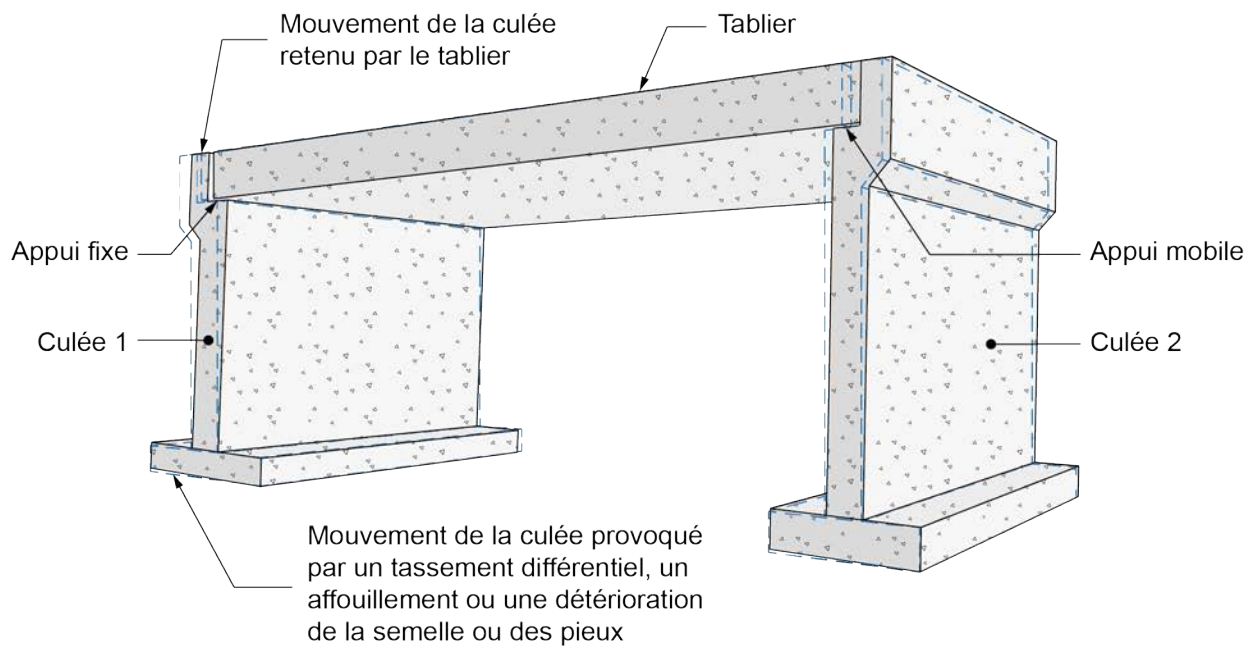


Figure 6.4-4 Mouvements de culées limités par le tablier

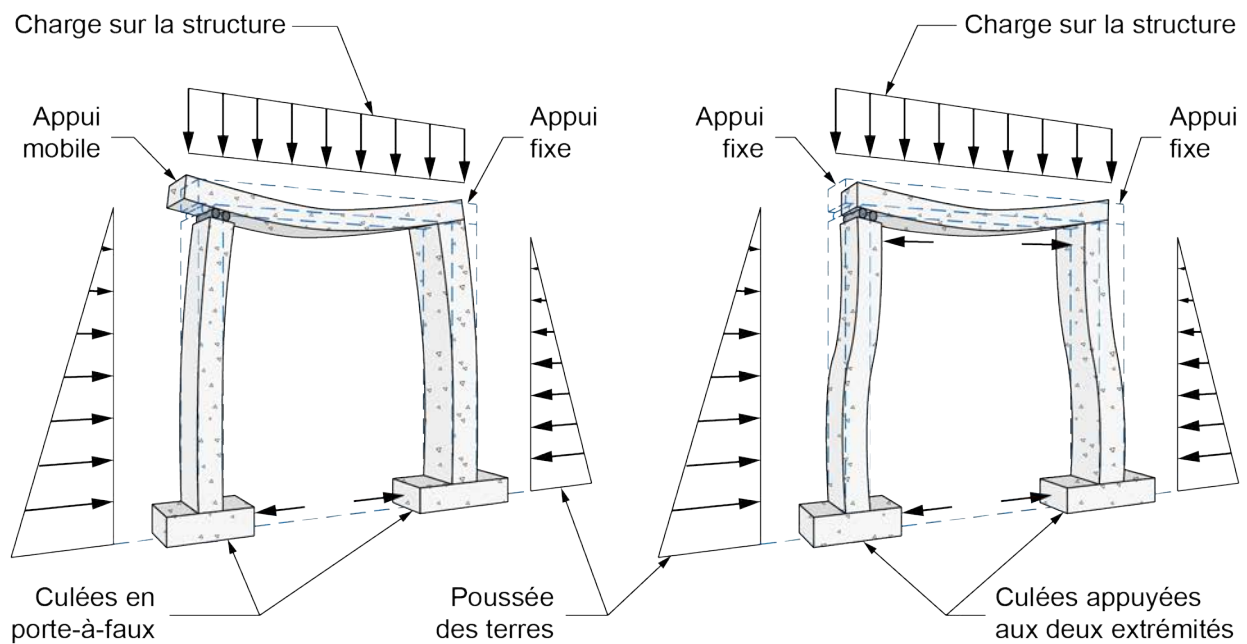


Schéma du comportement

Schéma du comportement

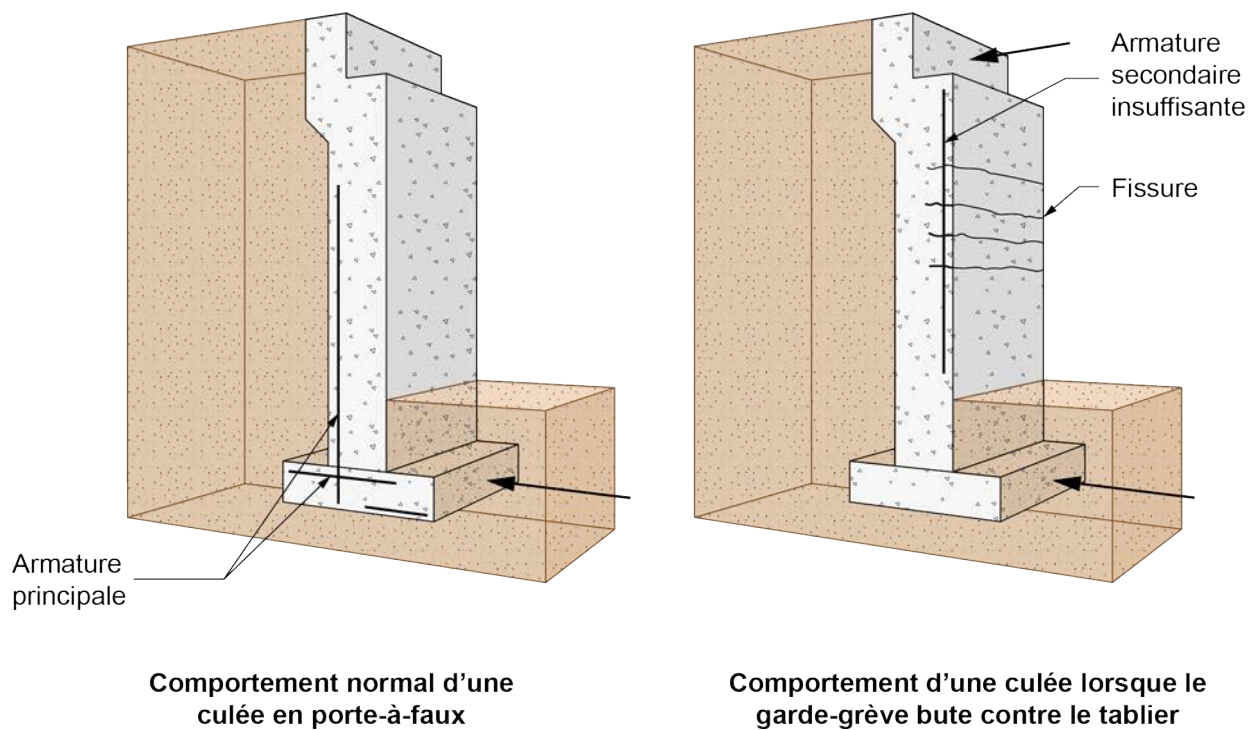
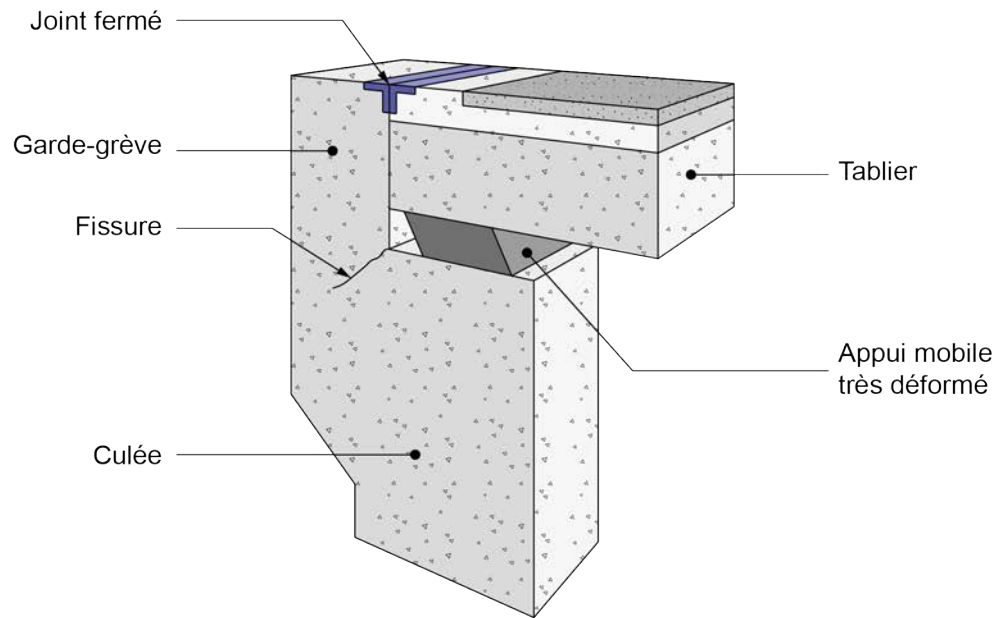
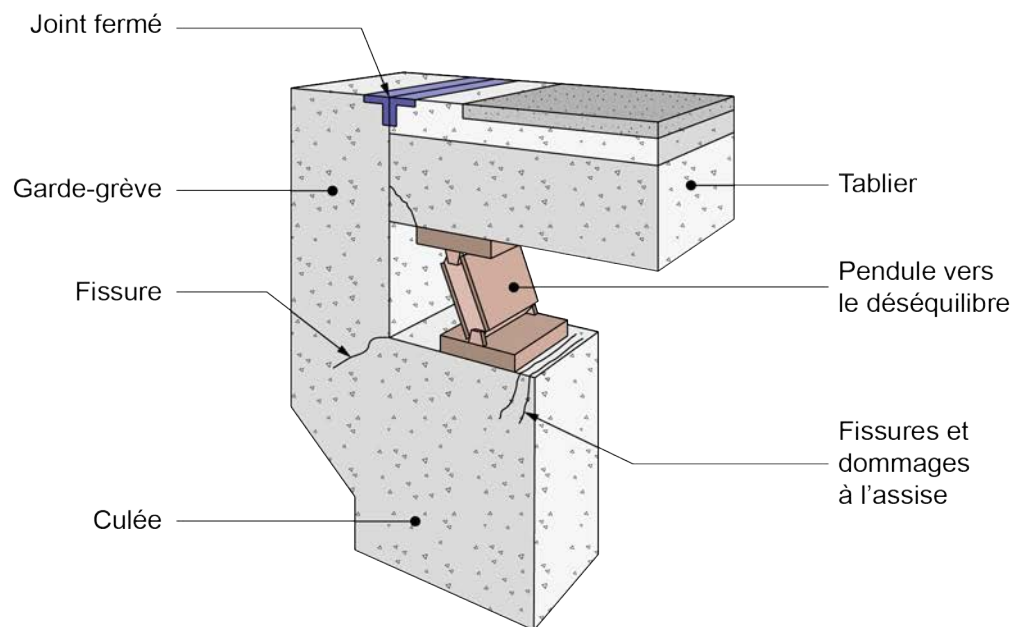


Figure 6.4-5 Modification du comportement d'une culée



Coupe-type



Coupe-type

Figure 6.4-6 Effets des mouvements de fondation sur la culée

6.4.4 L'effet du mouvement des piles

Il est possible d'observer des déplacements verticaux, latéraux ou encore, des mouvements de rotation au niveau de la pile. Le tassement de la pile implique un mouvement différentiel par rapport aux autres unités de fondation de la structure. Les effets de ce mouvement sur le tablier de la structure sont illustrés à la section 6.4.2.

La rotation de la pile peut être causée par l'affouillement, l'érosion, la dégradation des pieux, les appareils d'appui bloqués ou par la poussée des glaces qui peut se produire dans une direction différente de celle prévue.

La rotation d'une pile peut être limitée par la présence d'appareils d'appui fixes qui retiennent la structure à celle-ci. Cette action de retenue produit cependant des efforts de traction dans le béton situé directement sous les appareils d'appui et au pourtour des ancrages. Cette action a aussi pour effet de produire de la traction et de la compression dans les éléments du tablier. Ces dommages sont d'ailleurs les mêmes que ceux produits par le blocage des appareils d'appui décrit à la section 6.7.2. La figure 6.4-7 montre les effets de la retenue d'une pile par le tablier.

Le déplacement d'une pile n'est pas empêché lorsque les appuis qui la relie à la structure sont mobiles. Dans le cas d'appareils d'appui à pendule, un déplacement excessif causera leur renversement (figure 6.4-8).

Les piles peuvent également être endommagées, voire même déplacées lors d'un impact par un véhicule ou un navire, sous l'action des glaces ou encore, lors d'un soulèvement par le gel.

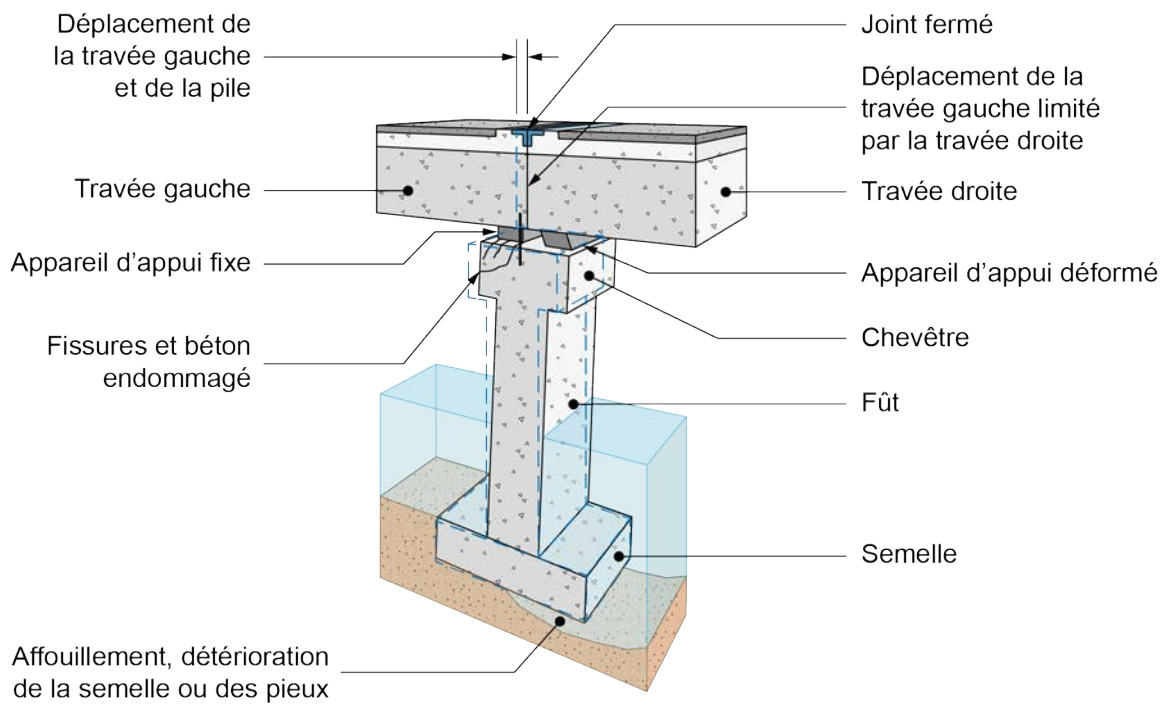


Figure 6.4-7 Déplacement de la pile limité par le tablier

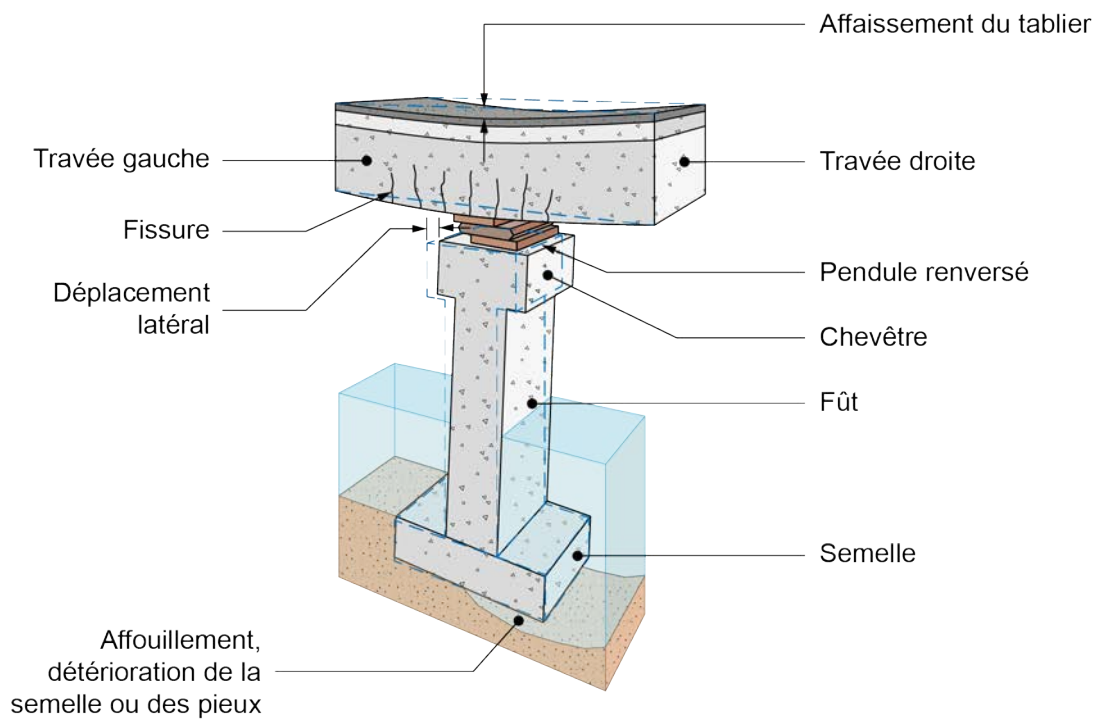


Figure 6.4-8 Effets du déplacement d'une pile

6.5 LA DÉTECTION DES MOUVEMENTS

Lors de l'inspection, les mouvements des unités de fondation sont généralement détectés en recherchant les irrégularités dans sa géométrie. Les lignes formées par les éléments du tablier doivent normalement être parallèles ou perpendiculaires les unes par rapport aux autres et toute anomalie peut être un indice de mouvements au niveau des unités de fondation.

Les défauts suivants peuvent être des signes de mouvement des unités de fondation :

- une déviation dans l'alignement du dispositif de retenue ou d'un chasse-roue provoqué par le déplacement latéral d'une pile;
- une dépression dans le profil du tablier, initiée par un tassement de l'une des unités de fondation;
- la position inhabituelle des appareils d'appui mobiles de même qu'un joint de dilatation anormalement fermé ou ouvert. À noter que dans le cas des appareils d'appui, les anomalies peuvent aussi être le résultat d'une erreur de positionnement lors de leur mise en place;
- un garde-grève fissuré horizontalement au niveau de l'assise ou appuyé contre l'extrémité des poutres du tablier, indice pouvant témoigner d'un déplacement de la culée;
- des fissures verticales dans la semelle, dans le mur d'une culée ou à l'intersection du mur en aile ou en retour avec le garde-grève, signes habituels d'un tassement longitudinal de l'unité de fondation;
- des fissures au niveau de la dalle de même que le flambement ou des déformations des éléments principaux et/ou secondaires du tablier.

Pour les structures plus à risque, la méthode la plus efficace pour détecter les tassements, et plus spécifiquement les tassements différentiels, consiste à effectuer régulièrement un relevé d'arpentage et d'en comparer les résultats.

6.6 LES DÉFAUTS SPÉCIFIQUES AUX UNITÉS DE FONDATION

6.6.1 Les défauts affectant les culées

Les culées peuvent être affectées par les défauts reliés au matériau qui les constitue et par les mouvements de fondation. Ainsi, les défauts du béton, de l'acier, du bois et de la maçonnerie, qui sont décrits dans le chapitre 4 « Défauts de matériaux », peuvent être observés. Ces défauts peuvent réduire la capacité des éléments à supporter les charges particulièrement lorsqu'ils sont importants et qu'ils affectent une partie considérable de l'ouvrage.

6.6.1.1 Mur de front

Le mur de front se trouve à la face avant de la culée ou de la béquille de portique. Il supporte le tablier et assure le soutènement du remblai.

Il est à noter que les défauts qui se trouvent dans la partie supérieure du mur de front sous les poutres doivent être considérés au niveau de l'élément « assise » (voir l'exemple 16 à la fin du chapitre).

ÉLÉMENT EN BÉTON

Les défauts qui peuvent avoir une incidence sur le comportement du mur de front sont les suivants :

- les défauts du béton affectant surtout des surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglacage provenant d'un joint de dilatation non étanche;
- les fissures verticales se prolongeant de la semelle de fondation au mur de front d'une culée ou d'une béquille, produites par le tassement du sol sous la fondation;
- les fissures horizontales larges dans le mur de front d'une culée ou d'une béquille de portique, indice d'une incapacité à supporter les charges du remblai;
- le mouvement d'un élément affectant sa stabilité ou celle d'autres éléments.

Lors de la conception des culées, on assume que les murs en retour n'ont aucune influence sur la culée alors qu'en réalité ils agissent également comme des contreforts. Dès lors, le mur de front de la culée est sollicité en flexion entre les contreforts, ce qui nécessite des armatures horizontales dans la face avant du mur. Dans les culées plus anciennes, les armatures horizontales sont souvent concentrées sur la face arrière des murs permettant ainsi le développement de fissures verticales sur la face avant de ces culées.

La fissuration peut également provenir d'une trop faible capacité de l'élément à résister aux contraintes auxquelles il est soumis, mais également aux effets du retrait du béton. En effet, le béton de la surface exposée du mur de front de la culée sèche plus rapidement que celui qui est en contact avec le remblai provoquant l'apparition des fissures sur la face exposée du mur.

ÉLÉMENT EN MAÇONNERIE

Les défauts qui peuvent avoir une incidence sur le comportement de cet élément sont les suivants :

- les fissures verticales ou horizontales dans le mur de front d'une culée produites par la poussée des terres ou le tassement du sol de fondation;
- la perte de mortier dans les joints;

- la désagrégation du mortier ou des blocs;
- le mouvement d'un élément affectant sa stabilité et celle d'autres éléments.

6.6.1.2 Garde-grève

Le garde-grève est situé sur le prolongement du mur de front derrière le tablier. Il doit retenir la partie supérieure du remblai d'approche sans subir de mouvement appréciable.

Les défauts qui peuvent avoir une incidence sur le comportement du garde-grève sont les suivants :

- les défauts du matériau qui affectent surtout des surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglacage qui proviennent d'un joint de dilatation non étanche;
- les fissures horizontales dans le béton causées par la poussée des terres et la butée des éléments du tablier;
- la pourriture, la fêlure ou la rupture des pièces en bois.

6.6.1.3 Assise et bloc d'assise

Le rôle de l'assise et du bloc d'assise est de constituer un support solide pour les appareils d'appui de la structure. De plus, les dimensions de l'assise ou du bloc d'assise doivent être suffisantes afin d'éviter la chute du tablier.

Les défauts qui ont une incidence sur le comportement de l'assise et sur lesquels une attention particulière doit être portée sont ceux qui ont pour effet de réduire la surface ou la capacité de support de l'assise ou du bloc d'assise.

Les principaux défauts sont :

- les défauts du matériau qui affectent surtout des surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglacage qui proviennent d'un joint de dilatation non étanche;
- les fissures dans le béton;
- la corrosion de l'acier;
- les déformations permanentes des éléments en acier;
- la pourriture du bois;
- la fêlure, l'écrasement ou la rupture des pièces en bois;
- la désagrégation de la maçonnerie.

6.6.1.4 Caisson à claire-voie en bois

Les défauts qui peuvent avoir une incidence sur le comportement des caissons à claire-voie sont les suivants :

- les pièces endommagées par la pourriture qui ont pour effet de réduire la capacité du caisson;
- l'écrasement des pièces de bois aux joints d'assemblage;
- la fêlure ou la rupture pouvant être causées par l'impact des glaces ou les surcharges;
- les composants désalignés ou manquants;
- la dégradation de la pierre de remplissage et la fuite des matériaux de remplissage par les ouvertures qui affectent sa stabilité;
- le bombement d'un caisson, indice d'une incapacité à supporter les efforts créés par les matériaux de remplissage;
- le fléchissement du caisson résultant de la poussée du remblai ou produit par le tassement du sol de fondation.

6.6.1.5 Corbeau

Le corbeau est une saillie destinée à soutenir l'extrémité d'une poutre. Les corbeaux peuvent être en béton, en acier ou en bois. Les défauts qui peuvent avoir une incidence sur le comportement des corbeaux sont les mêmes que ceux énumérés pour l'assise et le bloc d'assise.

6.6.1.6 Butoir

Le butoir est un bloc situé entre les poutres afin d'en assurer la stabilité transversale. Les défauts qui peuvent avoir une incidence sur le comportement des butoirs sont ceux propres au matériau le constituant.

6.6.1.7 Mur en aile et en retour

Le rôle des murs en aile ou en retour est de retenir le remblai d'approche ou tout autre remblai sans mouvement appréciable. L'évaluation du comportement de ces murs consiste donc à évaluer l'incidence des défauts et des mouvements sur leur capacité de support et leur stabilité.

Les principaux défauts des murs sont :

- les défauts du matériau les constituant affectant surtout des surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglacage qui coulent le long du côté extérieur d'un chasse-roue ou sont projetés par des véhicules;

- les dégradations causées par les glaces;
- l'érosion par abrasion affectant les surfaces exposées à l'action du courant;
- les fissures verticales, horizontales ou polygonales dans le béton;
- la perte de mortier dans les joints en maçonnerie;
- la désagrégation du mortier ou des blocs;
- la corrosion ou la rupture des fils des paniers des murs en gabions;
- le sectionnement des fils des paniers qui provoque la fuite de pierres de remplissage et la destruction du mur;
- la détérioration des sacs de sable;
- la perte de sacs qui peut être causée par l'impact des débris et des glaces.

6.6.2 Les défauts affectant les piles

La pile peut être affectée par les défauts du matériau qui la constitue et par les mouvements de fondation. Ainsi, les défauts du béton, de l'acier, du bois et de la maçonnerie qui sont décrits dans le chapitre 4 « Défauts de matériaux » peuvent être observés. Ces défauts peuvent réduire la capacité des éléments à supporter les charges particulièrement lorsqu'ils sont importants et qu'ils affectent une partie considérable de l'ouvrage.

6.6.2.1 Fût, colonne, béquille, cheville

Les principaux défauts affectant le comportement d'une pile sont les suivants :

- les fissures verticales ou horizontales dans le fût, les colonnes ou la béquille en béton;
- les fissures de flexion et de cisaillement dans le cheville en béton appuyé sur des colonnes ou en porte-à-faux;
- les fissures dans une semelle se prolongeant dans le fût d'une pile produites par le tassement du sol sous la fondation;
- les fissures de flexion et de cisaillement dans le cheville d'une pile supporté par des colonnes;
- l'éclatement causé par l'impact des glaces, particulièrement à l'avant-bec d'une pile;
- la corrosion des armatures dans le béton; La perte de mortier dans les joints de maçonnerie;
- la désagrégation du mortier ou des blocs de maçonnerie;
- la corrosion à la base des colonnes ou des pieux en acier dans la zone de fluctuation de l'eau et aux joints d'assemblage;

- la présence de fissures dans les assemblages soudés ou boulonnés des colonnes ou des pieux avec les contreventements ou le chevêtre, ou dans les assemblages du chevêtre avec les poutres longitudinales de la structure sont des défauts qui affectent souvent les bancs en acier;
- la déformation, le flambement, le voilement ou l'écrasement dans une zone en compression ou une fissure observée sur un pieu, une colonne, une béquille ou un chevêtre d'un banc en acier;
- la pourriture à la base des colonnes en bois, sur la partie située au niveau de l'eau ou du sol et aux joints d'assemblage;
- l'écrasement, la fêlure ou la rupture dans les pièces de bois du chevêtre aux points de contact avec les poutres qu'il supporte ou avec les pieux qui le supportent;
- les pièces de bois mal assemblées ou retenues;
- le mouvement d'un élément affectant sa stabilité ou celle d'autres éléments;
- les vibrations, bruits ou mouvements anormaux observés sur un élément principal lors du passage d'un véhicule lourd sur la structure.

6.6.2.2 Assise, bloc d'assise, butoir et corbeau

Voir les informations contenues à la section 6.6.1 pour ces éléments.

6.7 LES APPAREILS D'APPUI

Les appareils d'appui font le lien entre le tablier et les unités de fondation. Il existe deux catégories d'appareils d'appui :

- l'appareil d'appui fixe;
- l'appareil d'appui mobile.

Le rôle de l'appareil d'appui fixe est de transmettre les charges verticales et horizontales aux unités de fondation tout en permettant les mouvements de rotation du tablier par rapport aux appuis, les mouvements longitudinaux ou transversaux étant restreints.

L'appareil d'appui mobile, par contre, est conçu pour transmettre les efforts verticaux et parfois certains efforts horizontaux. Il permet également la rotation et la translation, à l'exception des appareils guidés qui restreignent le mouvement transversal.

6.7.1 Les types

Il existe de nombreux types d'appareils d'appui qui sont fonction du mouvement à reprendre, des charges à supporter et de l'époque de conception. Plusieurs matériaux sont utilisés dans la fabrication des appareils d'appui, tels que les élastomères, l'acier, le téflon (PTFE) et l'acier inoxydable.

Les différents types d'appareils d'appui sont les suivants :

- la plaque en élastomère freinée ou non;
- l'appareil à élastomère confiné aussi appelé « pot bearing »;
- l'appareil à plaques en acier;
- l'appareil à rouleaux;
- l'appareil à pendule;
- l'appareil avec articulation sphérique;
- l'isolateur sismique.

6.7.2 Les défauts

La fonction des appareils d'appui étant de transmettre les réactions provenant du tablier aux unités de fondation tout en permettant certains mouvements du tablier, toute condition particulière qui amène un appareil d'appui à mal assurer ce rôle est considérée comme un défaut. Les défauts les plus susceptibles d'affecter les différents types d'appareils d'appui sont les suivants :

- la corrosion;
- la déformation excessive et le bris de la plaque en élastomère;
- le bris de la plaque de glissement;
- les ancrages fissurés ou sectionnés;
- l'assemblage défectueux des guides de restriction de mouvement;
- le déplacement anormal de l'appareil d'appui;
- les défauts de planéité de la plaque de glissement;
- la restriction de mouvement et le blocage.

Dans le cas de l'isolateur sismique, en plus de la corrosion et de la dégradation des éléments en élastomère, une attention particulière doit être apportée au niveau de certaines pièces et l'inspecteur doit se référer au guide d'inspection et d'entretien produit par le fournisseur et remis lors de l'installation de ce type d'appareil.

6.7.2.1 La corrosion

Étant habituellement situé sous les joints de dilatation, l'appareil d'appui est particulièrement exposé à la chute et à l'accumulation de débris fournissant un milieu humide propice au développement de la corrosion tout en nuisant aux mouvements du tablier permis par l'appareil.

La corrosion de certaines pièces de l'appareil peut réduire sa capacité à transmettre le mouvement en augmentant la rugosité entre les éléments glissants et, dans certains cas, empêcher tout mouvement.

6.7.2.2 La déformation excessive et le bris de la plaque en élastomère

Le renflement excessif des côtés de la plaque peut provenir d'un mauvais dimensionnement, d'une mauvaise pose de l'appareil, d'une surcharge, d'un déplacement de l'unité de fondation ou de la présence d'un appareil d'appui bloqué sur un autre appui. La déformation excessive est un défaut même si elle n'entraîne pas, dans l'immédiat, le bris de l'appareil.

Il arrive également que cet appareil puisse se fissurer, soit en raison de l'emploi de matériaux de mauvaise qualité, soit à cause d'une déformation excessive de la plaque ou encore par l'exposition aux rayons du soleil dans le cas des poutres de rive. Les fissures se forment le long des frettes en acier si les éléments de la plaque (élastomère et frettes) sont simplement collés et non vulcanisés ou si les frettes sont rouillées. Des fissures peuvent également apparaître lorsque les frettes sont absentes ou trop espacées (plaques de plus de 20 mm d'épaisseur ou espace entre les frettes supérieur à 20 mm).

6.7.2.3 Le bris de la plaque de glissement

La plaque de glissement en téflon peut se déchirer ou même être expulsée de l'appareil. Ce défaut entraîne nécessairement une restriction de mouvement de l'appareil d'appui.

6.7.2.4 Les ancrages pliés, sectionnés ou manquants

Lorsque les ancrages de l'appareil d'appui sont endommagés (fissurés, sectionnés), cela entraîne une réduction de la capacité de l'appareil d'appui à transmettre les efforts horizontaux. De plus, lorsque l'appui se déplace, il est possible que l'appareil ne repose plus totalement sur le socle prévu à cette fin. Il en résulte alors une augmentation des contraintes sur la portion de l'appareil encore en place et sur la surface sur laquelle il s'appuie.

Lorsque les éléments en acier ne sont pas fixés à l'appui et au tablier, le mouvement de dilatation et de contraction du tablier peut déplacer la partie supérieure de l'appareil, l'amener hors position et même la faire tomber hors de son socle. Cela entraîne alors un affaissement à cet appui et cause une augmentation considérable des efforts dans les autres éléments du tablier.

6.7.2.5 L'assemblage défectueux des guides de restriction de mouvement

Les guides de restriction de mouvement peuvent être usés ou mal fixés (assemblage lâche ou manquant). Ce défaut entraîne une diminution de la capacité du guide à jouer son rôle, c'est-à-dire à contenir les mouvements.

6.7.2.6 Le déplacement anormal de l'appareil d'appui

Le déplacement anormal d'un appareil d'appui entraîne une surcharge d'efforts verticaux sous sa surface encore utile. Étant donné que le tablier est soumis à de la vibration et à des mouvements de dilatation et de contraction, la perte complète de l'appareil est possible à long terme.

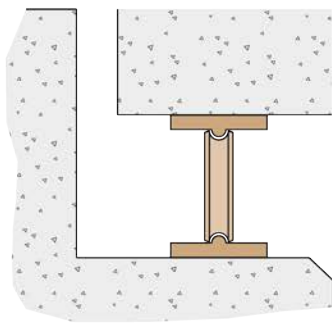
Lors de l'inspection, l'inspecteur doit vérifier que :

- le déplacement relatif de la surface supérieure d'une plaque en élastomère par rapport à sa surface inférieure n'est pas plus grand que la moitié de l'épaisseur de la plaque. Un déplacement plus grand pourrait causer le déchirement de cette dernière ou le décollement au niveau des frettes;
- le mouvement de l'appareil d'appui à pendule n'est pas trop important et que l'appareil d'appui n'est pas renversé, car cela peut affecter de façon très importante le comportement du tablier;
- le coussin en élastomère utilisé pour supporter l'appareil à articulation sphérique ou à élastomère confiné n'est pas expulsé;
- la plaque de glissement en téflon (PTFE) n'est pas expulsée ou déchirée.

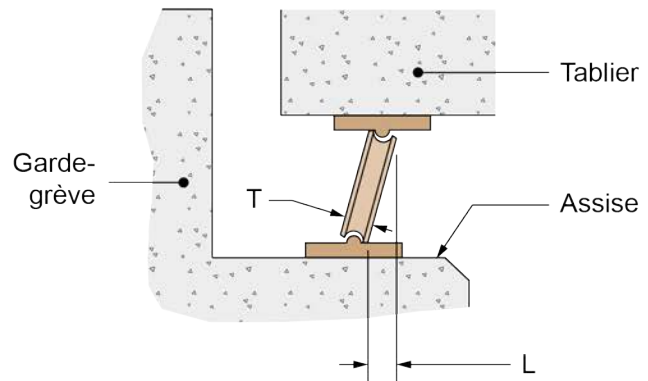
La figure 6.7-1 montre les positions stables et instables des appareils d'appui en acier à pendule.

6.7.2.7 Les défauts de planéité de la plaque de glissement

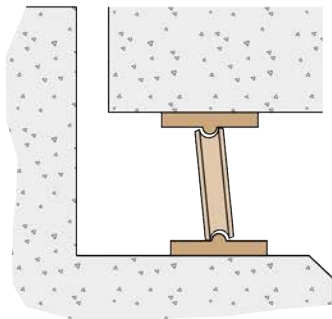
Le soulèvement ou la déformation de la plaque de glissement qui cause un défaut de planéité entraîne un chargement inégal et une restriction de mouvement de l'appareil d'appui.



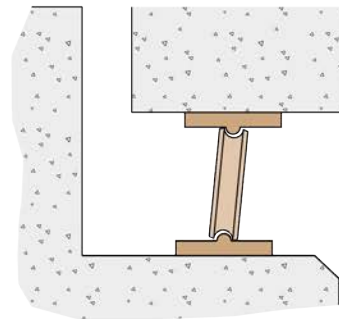
Position à la pose à 15 °C



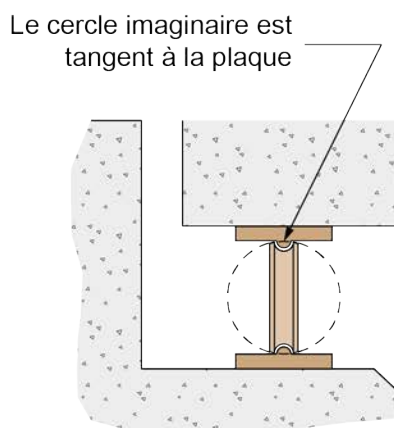
Position stable $L < T - 12 \text{ mm}$
Position instable $L \geq T$



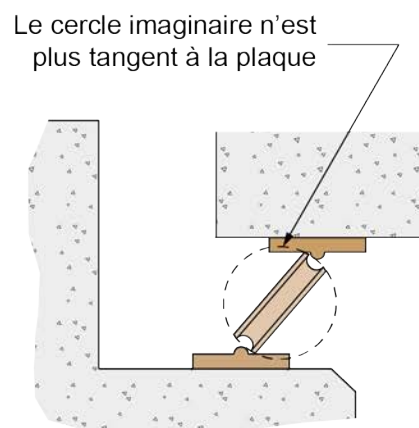
Position à 30 °C



Position à - 25 °C



Position stable



Position instable

Figure 6.7-1 L'appareil d'appui en acier à pendule

6.7.2.8 La restriction de mouvement et le blocage

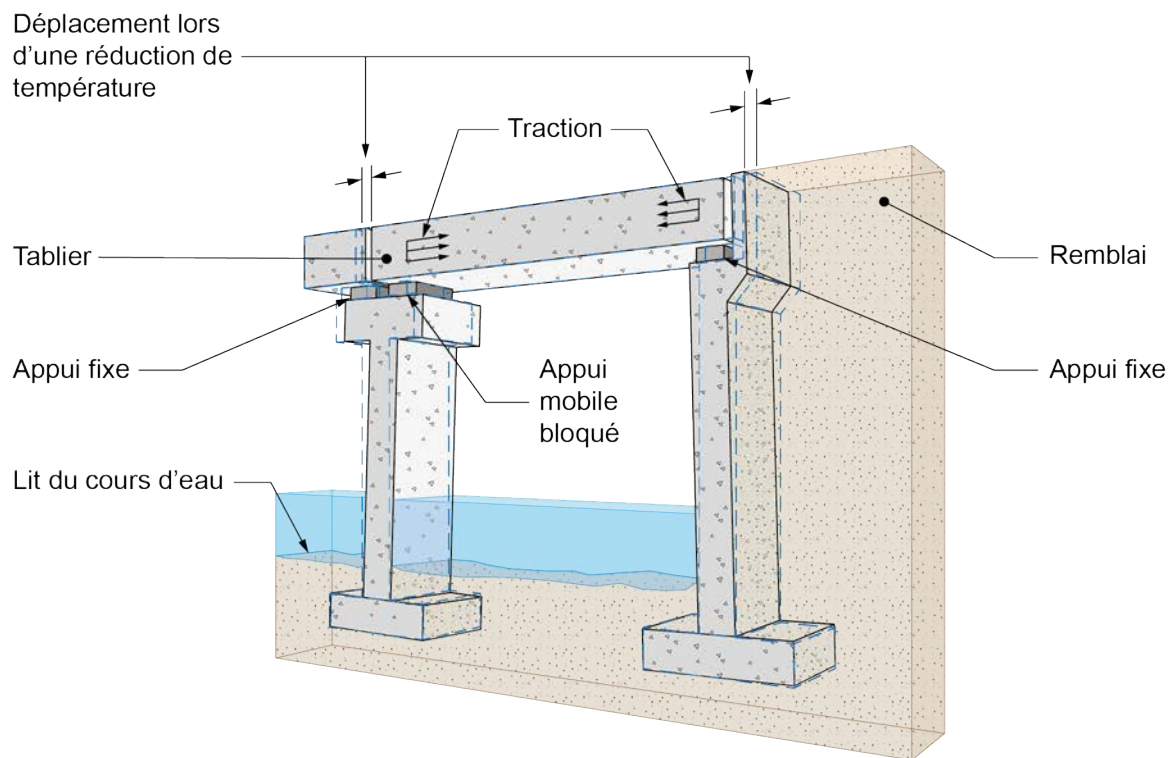
La restriction de mouvement des appareils d'appui et, par conséquent, du tablier peut être causée par :

- la corrosion;
- l'usure;
- le bris d'une plaque de glissement;
- l'aplatissement des rouleaux d'un appareil d'appui à rouleaux;
- un changement dans l'alignement de l'appareil;
- la butée des boulons d'ancrage contre l'extrémité des trous ovalisés dans la plaque en acier de l'appareil;
- le renversement d'un appareil d'appui à pendule.

Il y a blocage lorsque l'appareil ne permet plus les mouvements libres du tablier. Le blocage de l'appareil modifie le cheminement des efforts dans le tablier, de même que sur le fonctionnement des autres appareils et des joints de dilatation. Des efforts horizontaux importants sont générés par la présence d'un appareil bloqué.

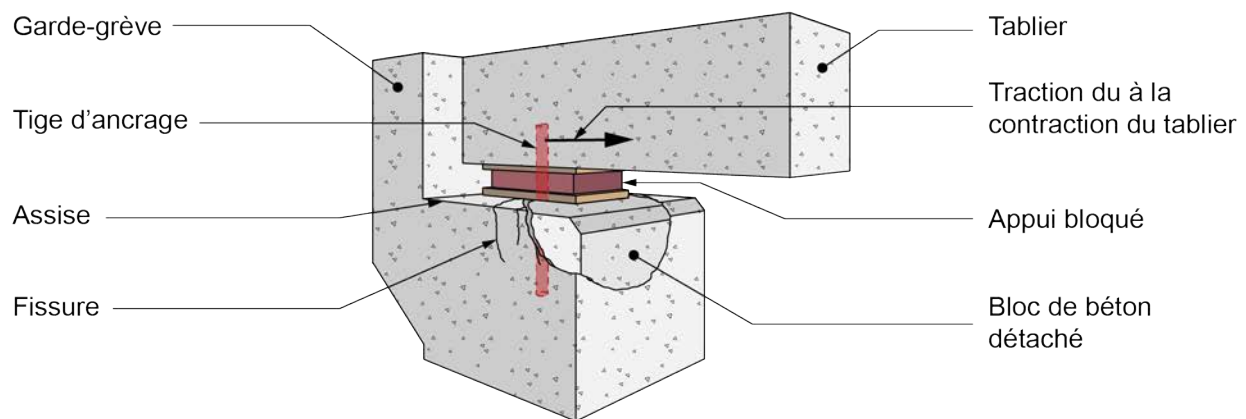
La traction produite lors de la contraction du tablier est transférée dans l'assise par les boulons d'ancrage des appareils d'appui et elle a pour effet de faire fissurer et d'endommager le béton situé au pourtour des ancrages.

Le blocage des appareils d'appui a aussi pour effet de produire de la compression et de la traction dans les éléments du tablier. Les efforts de compression peuvent provoquer le flambement des membrures en acier de la corde inférieure des poutres triangulées et modifier le type et l'intensité des efforts dans l'ensemble des membrures. Les figures 6.7-2 et 6.7-3 montrent les effets des appuis bloqués sur la culée et sur les éléments du tablier.

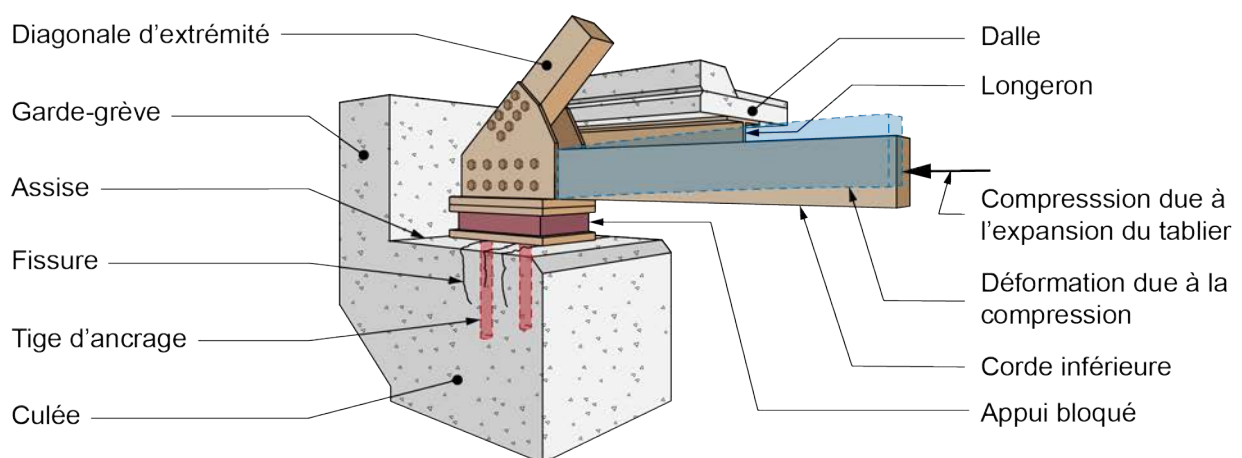
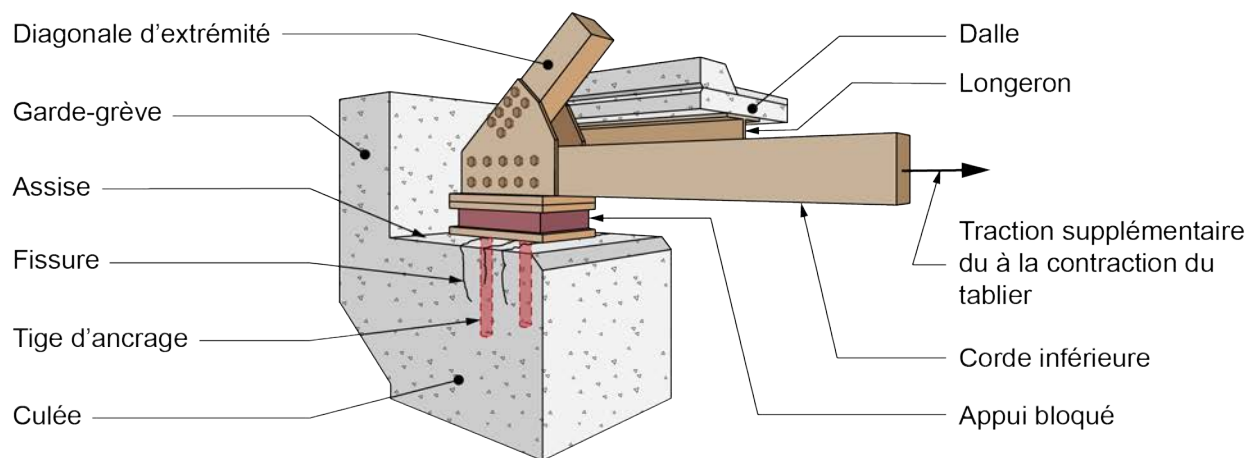


Mouvement de rotation dû à un appui bloqué

Figure 6.7-2 Effet des appareils d'appui bloqués



Assise d'une culée



Poutre triangulée

Figure 6.7-3 Effets des appareils d'appui bloqués

6.8 L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU

Selon le principe général du système d'inspection, l'état des matériaux des éléments doit être évalué.

Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les tableaux de défauts des matériaux courants présentés dans le chapitre 4;

et

les critères spécifiques d'évaluation de l'état du matériau des unités de fondation et des appareils d'appui présentés aux tableaux 6.8-1 et 6.8-2.

L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui, lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts des matériaux observés.

L'inspecteur doit déterminer le pourcentage de l'élément qui se trouve dans chacun des quatre états (A, B, C, D).

Toutefois, contrairement au principe général du système d'inspection, seul le comportement de l'élément « Fondation » doit être évalué.

Tableau 6.8-1 Critères spécifiques – Matériau – Unités de fondation

Défauts de matériaux observés	État			
	A	B	C	D
1 - Dégradation des sacs sable-ciment	aucune à légère	moyenne	importante	très importante
2 - Fils de paniers de gabions		corrodés	sectionnés	sectionnés avec perte de pierres

Note : Pour les matériaux courants, se référer aux tableaux 4.8-1 à 4.8-6.

Tableau 6.8-2 Critères spécifiques – Matériau – Appareils d'appui

Défauts de matériaux observés	État			
	A	B	C	D
1 - Renflement des côtés ou écrasement des plaques en élastomère	aucun à léger	moyen	important	très important
2 - Fissure dans les plaques en élastomère		présence	présence avec frettes apparentes	présence avec décollement des frettes
3 - Plaque de glissement			partiellement déplacée ou décollée	sectionnée, déchirée ou expulsée
4 - Usure ou altération physique des guides de restriction de mouvement	légère	moyenne	importante	très importante

Note : Pour les matériaux courants, se référer aux tableaux 4.8-1 à 4.8-6.

6.9 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

6.9.1 Général

Pour évaluer le comportement d'un élément, l'inspecteur doit juger de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure.

Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les critères généraux présentés au tableau 3.4-1;

ou évaluer l'importance des défauts observés en utilisant :

les critères spécifiques établis pour les éléments des unités de fondation et les appareils d'appui présentés aux tableaux 6.9-1 et 6.9-2.

Les cotes de comportement qui ne peuvent être déterminées à partir des critères mentionnés ci-dessus doivent être évaluées selon le jugement de l'inspecteur. L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts de comportement observés.

Le niveau d'importance de l'élément, à savoir s'il s'agit d'un élément principal ou secondaire, doit être pris en compte lors de l'évaluation de la cote de comportement (cote CEC).

6.9.2 Évaluation des unités de fondation

Le tableau 6.9-1 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement des unités de fondation. Les défauts qui ont une incidence sur le comportement de ces éléments et sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- la perte de matériaux sous la semelle d'une fondation;
- les défauts de matériaux (corrosion, fissuration, désagrégation, etc.) pouvant réduire la capacité de l'élément à supporter les charges;
- les assemblages relâchés, défectueux ou corrodés réduisant la capacité à transférer les charges;
- les mouvements affectant la stabilité de l'unité de fondation;
- les déformations permanentes dans une membrure comprimée ou la fissuration dans un élément en acier;
- le bombement d'un caisson en bois.

6.9.3 Évaluation des appareils d'appui

Le tableau 6.9-2 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement des appareils d'appui. La fonction des appareils d'appui est de transmettre les réactions provenant du tablier aux unités de fondation tout en permettant certains mouvements de celui-ci. Tout endommagement ou déplacement d'un appareil d'appui qui affecte sa capacité de support ou sa stabilité ou qui entraîne une restriction de mouvement est considéré comme un défaut de comportement.

Tableau 6.9-1 Critères spécifiques – Comportement – Unités de fondation

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Perte de matériaux sous la semelle d'une fondation superficielle				présence ⁽¹⁾
2 - Perte de matériaux sous la semelle d'une fondation profonde	aucune à légère	appréciable	importante	très importante
3 - Défauts de matériaux d'un élément principal pouvant réduire sa capacité à supporter les charges	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 20 %)	de façon importante (de 20 à 30 %)	de façon très importante (plus de 30 %)
4 - Défauts de matériaux d'un élément secondaire pouvant réduire son aptitude à assumer son rôle	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 30 %)	de façon importante (de 30 à 50 %)	de façon très importante (plus de 50 %)
5 - Assemblage relâché, défectueux ou corrodé d'un élément en acier pouvant réduire sa capacité à transférer les charges	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 20 %)	de façon importante (de 20 à 30 %)	de façon très importante (plus de 30 %)
6 - Absence/manque de boulons ou de rivets (boulons manquants p/r à la totalité des boulons d'un assemblage)	inférieure à 10 %	de 10 à 20 %	de 20 à 30 %	plus de 30 %
7 - Mouvement d'un élément affectant sa stabilité ou celle d'autres éléments	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
8 - Vibrations, bruits ou mouvements anormaux sur un élément principal lors du passage d'un camion lourd sur la structure	aucun à léger	appréciable	important	très important
9 - Déformation, flambement, voilement ou écrasement dans une zone en compression ou fissure (quelle que soit la zone) observé sur un pieu, une colonne, une béquille ou un chevêtre d'un banc en acier				présence ⁽¹⁾

Tableau 6.9-1 Critères spécifiques – Comportement – Unités de fondation (suite)

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
10 - Fêlure, écrasement, rupture ou pièce mal assujettie affectant la capacité d'un caisson, d'un pieu, d'une colonne ou d'un chevêtre d'un banc en bois	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
11 - Bombement d'un caisson en bois	aucun à léger	appréciable	important	très important
12 - Diminution de la capacité de support du bloc d'assise ou de l'assise	aucune à légère (moins de 10 %)	appréciable (de 10 à 20 %)	importante (de 20 à 30 %)	très importante (plus de 30 %)
13 - Membrures des contreventements d'un banc			lâches	sectionnées ou manquantes
14 - Fissuration dans le béton⁽²⁾				
Fissure (flexion ou cisaillement) dans une béquille de portique en béton précontraint dont l'ouverture est	< 0,3 mm	de 0,3 à 0,5 mm ⁽³⁾		> 0,5 mm ⁽³⁾
Fissure (flexion) dans un chevêtre considéré comme poutre (chevêtre sur colonnes, porte-à-faux de chevêtre) en béton armé ou Fissure (flexion ou cisaillement) dans une béquille de portique ou béquille intermédiaire en béton armé dont l'ouverture est	< 0,8 mm	de 0,8 à 3,0 mm ⁽³⁾		> 3,0 mm ⁽³⁾
Fissure (cisaillement) dans un chevêtre considéré comme poutre (chevêtre sur colonnes, porte-à-faux de chevêtre) en béton armé dont l'ouverture est	< 0,8 mm	de 0,8 à 1,5 mm ⁽³⁾		> 1,5 mm ⁽³⁾
1. L'ingénieur responsable doit être immédiatement avisé de l'état de la situation et de l'importance du défaut observé.				
2. Pour des fissures autres que celles de flexion ou de cisaillement, il faut utiliser les critères 3 et 4 du présent tableau.				
3. La cote est obligatoirement associée à une demande d'avis technique de fissuration.				

Tableau 6.9-2 Critères spécifiques – Comportement – Appareils d'appui

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Appareil d'appui déplacé ou endommagé affectant sa stabilité et la qualité de support du tablier	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 20 %)	de façon importante (de 20 à 30 %)	de façon très importante (plus de 30 %)
2 - Restriction du mouvement du tablier causée par les appareils d'appui	aucune à légère	appréciable	importante	très importante (appareils bloqués)
3 - Boulons ou tiges d'ancrage fissurés ou sectionnés, pouvant réduire la capacité de l'appareil d'appui à supporter les charges	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 20 %)	de façon importante (de 20 à 30 %)	de façon très importante (plus de 30 %)
4 - Défauts de planéité de la plaque de glissement	affectant moins de 10 % de la surface	affectant de 10 à 20 % de la surface	affectant de 20 à 30 % de la surface	affectant plus de 30 % de la surface
5 - Assemblage des guides de restriction de mouvement		lâches	manquants	

6.10 EXEMPLES

6.10.1 Unités de fondation

Exemple 1

Élément :
Fondation superficielle
d'un caisson à claire-
voie

Semelle de béton et sol
sous-jacent



Défaut observé :

- Aucun défaut n'est observé sur la semelle, mais il y a un mouvement affectant de façon appréciable la stabilité de la culée.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) :

3

Exemple 2

Élément :
Fondation sur pieux



Défaut observé :

- Perte de matériau légère sous la semelle d'une fondation profonde.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) :

4

Exemple 3

Élément :
Fondation superficielle
d'une pile en béton armé



Défaut observé :

- La fondation ne peut pas être inspectée. Cependant, un mouvement très important qui affecte la stabilité de la pile et de la structure est observé.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) :

1

Exemple 4

Élément :
Mur de front d'une béquille
de portique en béton armé



Défaut observé :

- Éclatement sur environ 5 % de la surface du mur de front de la béquille n'occasionnant aucune perte de capacité.

Matériau : A = 95 %, B = 0 %, C = 5 %, D = 0 %.

Comportement (CEC) :

4

Exemple 5

Élément :
Chevêtre d'une pile en
béton armé



Défauts observés :

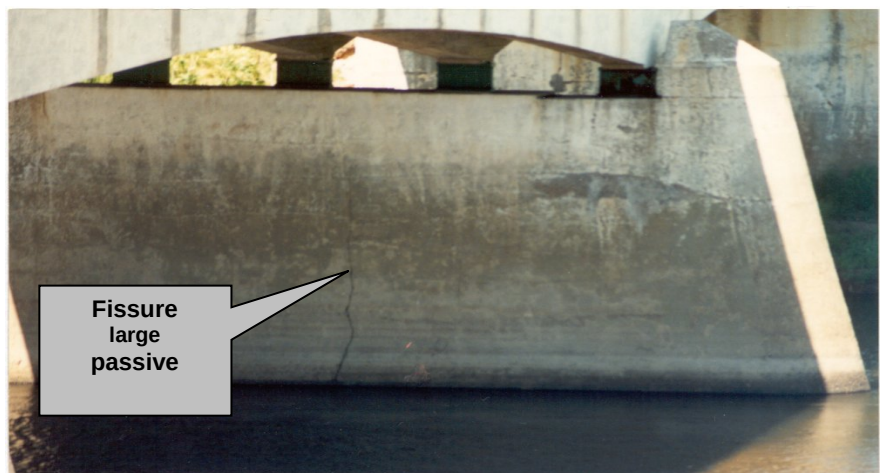
- Éclatement du béton et corrosion importante des armatures sur environ 10 % de la surface;
- Délaminage sur environ 20 % de la surface;
- Fissuration inférieure à 0,8 mm correspondant à environ 10 % de la surface par rapport à l'ensemble des surfaces du chevêtre;
- Défauts pouvant réduire de façon appréciable sa capacité à supporter les charges.

Matériau : A = 60 %, B = 10 %, C = 30 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 6

Élément :
Fondation profonde
d'une pile en béton
armé



Défaut observé :

- La fondation ne peut pas être inspectée. Cependant, un tassement différentiel maintenant stabilisé affecte légèrement le comportement de la pile et de la structure.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 4

Exemple 7

Élément :
Colonnes d'une
béquille intermédiaire
en béton armé



Défaut observé :

- Fissure de plus de 3 mm dans les colonnes de la béquille correspondant à une surface équivalente de l'ordre de 2 % de la superficie totale des colonnes.

Matériau : A = 98 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 2 %

Comportement (CEC) : 1
Avis de fissuration requis

Exemple 8

Élément :
Mur de front d'une culée
en béton de masse



Défauts observés :

- Béton généralement en bon état sauf pour la fissure de plus de 6 mm correspondant à une surface équivalente de l'ordre de 5 %;
- Défaut pouvant affecter de façon très importante la stabilité de la structure.

Matériau : A = 95 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 5 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 9

Élément :
Mur de front d'une culée en
maçonnerie



Défauts observés :

- Fissures de plus de 6 mm sur une surface équivalente à environ 5 %;
- Fissures de 2 à 6 mm sur une surface équivalente à environ 15 %;
- Le reste de la surface du mur de front est en bon état;
- Mouvement stabilisé pouvant affecter de façon importante la stabilité de la culée.

Matériau : A = 80 %, B = 0 %, C = 15 %, D = 5 %

Comportement (CEC) : 2

Exemple 10

Élément :
Mur de front d'un caisson à
claire-voie en bois



Défauts observés :

- Pourriture très importante sur 10 % de la surface;
- Pourriture importante sur 40 % de la surface;
- Pourriture moyenne sur 50 % de la surface;
- Défauts affectant de façon appréciable la capacité du caisson à supporter les charges.

Matériau : A = 0 %, B = 50 %, C = 40 %, D = 10 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 11

Élément :
Mur de front d'un caisson à
claire-voie en bois



Défauts observés :

- Pourriture très importante sur 20 % de la surface;
- Pourriture moyenne sur 40 % de la surface des pièces;
- Bombement très important du caisson.

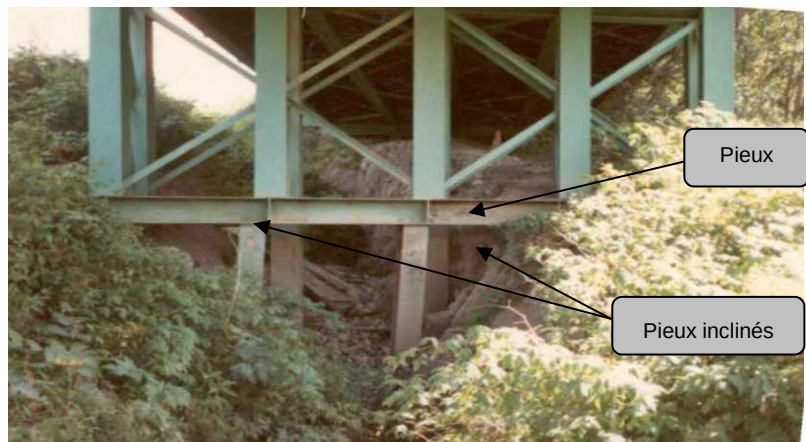
Matériau : A = 40 %, B = 40 %, C = 0 %, D = 20 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 12

Élément :
Fondation d'un banc en acier

Pieux et sol adjacent



Défaut observé :

- Perte de matériaux importante autour des pieux sur 10 à 15 % de la longueur du banc occasionnant une perte de capacité des pieux inférieure à 5 %.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 4
Ajouter une activité

Exemple 13

Élément :
Fondation d'un banc en bois

Semelle et sol sous-jacent



Défaut observé :

- Pourriture moyenne affectant toutes les pièces de bois des semelles, réduisant de façon appréciable la capacité de la semelle à supporter les charges.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 3

Exemple 14

Élément :
Mur de front d'une béquille de
portique en béton armé



Défauts observés :

- Délaminage sur environ 10 % de la surface;
- Fissures de 1 mm sur une surface équivalente à 5 %;
- Les défauts n'affectent pas la capacité de la béquille à supporter les charges.

Matériau : A = 85 %, B = 0 %, C = 15 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 4

Exemple 15

Élément :
Colonnes d'une béquille
intermédiaire en béton armé



Défauts observés :

- Délaminage et éclatement sur 60 % de chacune des deux colonnes de rive;
- Éclatement du béton et corrosion des armatures avec diminution de section supérieure à 30 % sur environ 30 % de la surface de chacune des deux colonnes de rive réduisant d'environ 25 % la capacité de supporter les charges;
- Il y a six colonnes au total. Les quatre autres colonnes sont en bon état.

Matériau : A = 70 %, B = 0 %, C = 20 %, D = 10 %

Comportement (CEC) : 2

Exemple 16

Élément :
Assise d'une culée



Défauts observés :

- Désagrégation très importante du béton d'une assise d'une profondeur ≥ 100 mm sur environ 10 % de la surface de l'assise diminuant sa capacité de support d'environ 25 %;
- Le reste de l'assise est en bon état.

Matériau : A = 90 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 10 %

Comportement (CEC) : 2

Exemple 17

Élément :
Mur en retour en béton armé
d'une béquille de portique



Défauts observés :

- Éclatement et corrosion importante des armatures sur 40 % de la surface;
- Délaminage sur 30 % de la surface;
- Le reste de la surface est en bon état;
- Défauts réduisant de façon appréciable la capacité du mur en retour.

Matériau : A = 30 %, B = 0 %, C = 70 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 18

Élément :
Mur en retour en béton armé
d'une culée



Défauts observés :

- Éclatement et corrosion importantes des armatures sur environ 15 % de la surface;
- Traces de rouille à la surface sur environ 20 % de la surface;
- Désagrégation légère et bon état sur le reste de la surface;
- Réduction de la capacité portante du mur inférieure à 10 %.

Matériau : A = 65 %, B = 20 %, C = 15 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 4

6.10.2 Les appareils d'appui

Exemple 19

Élément :
Plaque en élastomère



Défauts observés :

- Aucun défaut de matériau observé;
- Appareil d'appui déplacé occasionnant un chargement inégal de l'appareil avec perte de contact affectant 50 % de la surface d'appui.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 20

Élément :
Appareils d'appui à
élastomère fretté



Défauts observés :

- Il y a cinq appareils d'appuis et ils sont tous écrasés légèrement;
- De plus, pour l'appareil d'appui montré sur la photo, il y a une frette apparente dans le coin supérieur, qui représente environ 5% de l'appareil d'appui.

Matériau : A = 99 %, B = 0 %, C = 1 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 4

Exemple 21

Élément :
Appareils d'appui à
élastomère fretté



Défauts observés :

- Dans un système structural à cinq poutres, deux appareils présentent un renflement important de l'élastomère;
- Les autres appareils d'appuis présentent un renflement léger seulement.

Matériau : A = 60 %, B = 0 %, C = 40 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 22

Élément :
Appareil avec articulation
sphérique



Défauts observés :

- Dans un système structural à quatre poutres, les deux appareils intérieurs sont en bon état;
- Les deux appareils extérieurs présentent de la corrosion légère à la surface et un décollement de la plaque de glissement;
- Il y a une légère restriction du mouvement du tablier causée par les appareils d'appui.

Matériau : A = 50 %, B = 0 %, C = 50 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 4

Exemple 23

Élément :
Appareil avec articulation
sphérique



Défauts observés :

- Corrosion légère à la surface de la plaque en acier inoxydable;
- L'appareil d'appui est déplacé et affecte de façon appréciable la qualité de support du tablier;
- Les quatre appareils de la structure sont dans le même état.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 24

Élément :
Appareil à élastomère
confiné



Défauts observés :

- Dans un système structural à quatre poutres, un seul des appareils d'appui a une plaque de glissement en téflon (PTFE) arrachée et déchirée qui cause une restriction importante du mouvement du tablier;
- Les autres appareils sont légèrement corrodés.

Matériau : A = 75 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 25 %

Comportement (CEC) : 2

Exemple 25

Élément :
Appareil d'appui à rouleaux



Défauts observés :

- Dans un système structural à deux poutres, un des appareils est corrodé de façon très importante et des pièces en acier sont fissurées ;
- L'autre appareil est moyennement corrodé;
- L'appareil d'appui est bloqué et ne permet aucun mouvement du tablier.

Matériau : A = 0 %, B = 50 %, C = 0 %, D = 50 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 26

Élément :
Appareils d'appui à pendule



Défauts observés :

- Tous les appareils d'appui sont dans le même état;
- Corrosion importante des pièces en acier;
- Appareils à la limite de leur stabilité avec possibilité d'une perte de support pour le tablier.

Matériau : A = 0 %, B = 0 %, C = 100 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 2

CHAPITRE 7

SYSTÈMES STRUCTURAUX

TABLE DES MATIÈRES

7.1	GÉNÉRALITÉS	7-1
7.2	LE PONT À POUTRES À ÂME PLEINE	7-3
7.2.1	Les défauts généraux	7-3
7.2.2	Les défauts particuliers de la poutre en béton armé	7-4
7.2.3	Les défauts particuliers de la poutre en béton précontraint	7-6
7.2.4	Les défauts particuliers de la poutre en acier	7-9
7.2.5	Les défauts particuliers de la poutre en bois	7-11
7.2.6	La poutre en acier enrobée de béton	7-12
7.3	LE PONT À POUTRES-CAISSONS	7-12
7.4	LE PONT À POUTRES TRIANGULÉES	7-13
7.5	LE PONT EN ARC	7-17
7.6	LES STRUCTURES DE TABLIER – ENTRETOISES ET LONGERONS	7-20
7.7	LES DIAPHRAGMES ET LES CONTREVENTEMENTS	7-20
7.8	LE PONT SUSPENDU	7-21
7.8.1	Le massif d'ancrage	7-22
7.8.2	La chambre d'épanouissement des câbles	7-23
7.8.3	Le câble porteur	7-24
7.8.4	Les accessoires du câble porteur	7-26
7.8.5	Les suspentes et leurs accessoires	7-28
7.8.6	Les bras d'articulation	7-29
7.8.7	Les butoirs	7-30
7.8.8	Les stabilisateurs latéraux	7-31

7.9	LE PONT À HAUBANS	7-31
7.9.1	Les haubans	7-32
7.9.2	Les selles d'inflexion	7-32
7.9.3	Les joints d'étanchéité des haubans à l'entrée de la zone d'ancrage	7-33
7.9.4	L'ancrage des haubans	7-33
7.9.5	Le bras d'articulation	7-34
7.9.6	Les butoirs	7-35
7.10	LE PONT COUVERT	7-35
7.10.1	Les tirants	7-36
7.10.2	Le lambris	7-36
7.10.3	La toiture	7-36
7.11	L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU	7-36
7.12	L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT	7-37
7.12.1	Général	7-37
7.12.2	Évaluation des éléments	7-38
7.13	EXEMPLES	7-42
7.13.1	Les poutres en béton armé	7-42
7.13.2	Les poutres en béton précontraint	7-44
7.13.3	Les poutres en acier	7-44
7.13.4	Les poutres triangulées	7-46
7.13.5	Les ponts en arc	7-49
7.13.6	Contreventements et diaphragmes	7-50

FIGURES

Figure 7.2-1	Fissures générées par des restrictions de mouvement	7-5
Figure 7.2-2	Fissuration causée par le manque de recouvrement et par le délaminage	7-6
Figure 7.2-3	Fissuration des poutres en béton précontraint	7-8
Figure 7.2-4	Défauts des poutres en acier	7-10
Figure 7.4-1	Efforts pour différents types de poutres triangulées	7-15
Figure 7.5-1	Fissuration d'un arc en béton	7-19
Figure 7.8-1	Massifs d'ancrage	7-24

Figure 7.8-2	Types de torons	7-25
Figure 7.8-3	Selle d'inflexion	7-27
Figure 7.8-4	Selle d'infléchissement et collier d'épanouissement	7-28
Figure 7.8-5	Suspente et accessoires	7-29
Figure 7.8-6	Bras d'articulation	7-30
Figure 7.8-7	Butoir	7-31
Figure 7.9-1	Sabot d'attache des haubans au tablier	7-33
Figure 7.9-2	Bras d'articulation	7-35

TABLEAUX

Tableau 7.1-1	Éléments des systèmes structuraux	7-2
Tableau 7.12-1	Critères spécifiques – Comportement – Systèmes structuraux	7-40

7.1 GÉNÉRALITÉS

Le présent chapitre traite des systèmes structuraux, c'est-à-dire les éléments de pont qui transfèrent les charges provenant du platelage vers les unités de fondation. Plusieurs éléments sont concernés, entre autres, les poutres, les longerons, les entretoises, les diaphragmes et les contreventements. Ces éléments se retrouvent dans divers types de structure :

- le pont à poutres à âme pleine;
- le pont à poutres-caissons;
- le pont à poutres triangulées;
- le pont en arc;
- le pont suspendu;
- le pont à haubans;
- le pont couvert.

Il est à noter que les structures de type dalle épaisse en béton et les portiques sont traitées au chapitre 8 « Platelage ».

L'ensemble des éléments des systèmes structuraux qui sont inspectés sont présentés dans le tableau 7.1-1. Le tableau contient également le niveau d'importance propre à chaque élément ainsi que ses caractéristiques dimensionnelles.

Il arrive que des organismes de services publics utilisent les structures comme support de conduits de services (câbles électriques ou téléphoniques, conduites d'égout, d'aqueduc ou de gaz, etc.). Ces conduits ne font pas l'objet d'une inspection proprement dite selon le système d'évaluation de l'état (évaluation du matériau et du comportement). Toutefois, afin d'assurer la sécurité des usagers de la route et de prévenir les interruptions de service, ces éléments devraient être minimalement inspectés et une attention particulière doit être portée au niveau de la corrosion ou du bris des fixations ou tout autre défaut pouvant entraîner une perte de support de ces éléments. Lorsque des défauts importants sont observés, ceux-ci doivent être notés et signalés à l'organisme responsable du service.

Lorsque la présence de fils électriques dénudés ou endommagés est constatée, il est important de ne pas poursuivre l'inspection de la structure afin d'éviter un risque potentiel d'électrocution.

Tableau 7.1-1 Éléments des systèmes structuraux

Groupe	Élément	Niveau d'importance ⁽¹⁾	Caractéristiques dimensionnelles ⁽²⁾
Poutres à âme pleine / poutre-caisson	Poutre	P	Superficie
	Diaphragme d'extrémité à l'intérieur d'une poutre-caisson	P	Superficie x nombre
Contreventements	Contreventements	S	Nombre
	Portique d'extrémité	S	Nombre
	Diaphragmes	S	Nombre
Poutres triangulées	Corde supérieure	P	Superficie si acier ou longueur si bois
	Corde inférieure	P	Superficie si acier ou longueur si bois
	Montants/poteaux	P	Superficie x nombre si acier ou nombre x hauteur si bois
	Diagonales	P	Superficie x nombre si acier ou nombre x longueur si bois
	Assemblages	P	Nombre
Arc	Arc	P	Superficie
	Membrure supérieure	P	Superficie
	Tirant	P	Longueur
	Suspentes/montants	P	Hauteur x nombre
	Diagonales	P	Longueur x nombre
	Assemblages	P	Nombre
Arc à tympan rigide	Tympan	P	Superficie
	Fondation	P	S. O.
	Voûte	P	Superficie
Pont suspendu	Massif d'ancrage	P	S. O.
	Chambre d'épanouissement des câbles	P	Superficie
	Câble porteur et accessoires	P	Longueur
	Suspentes et accessoires	P	Nombre
	Bras d'articulation	P	Nombre
	Butoirs	P	Nombre
	Stabilisateurs transversaux	P	Nombre
Pont à haubans	Haubans et accessoires	P	Nombre
	Sabots d'attache des torons	P	Nombre
	Bras d'articulation	P	Nombre
Pont couvert	Tirant	P	Nombre
	Lambris	S	Superficie
	Toiture	S	Superficie
Structure de tablier	Entretoises	P	Superficie x nombre
	Longerons	P	Superficie x nombre
Systèmes d'accès	Passerelle d'inspection	S	Nombre
	Main courante	S	Nombre

1. P : principal S : secondaire
2. Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures*.

7.2 LE PONT À POUTRES À ÂME PLEINE

Le système structural d'un tablier de pont à poutres à âme pleine est constitué de poutres qui sont reliées entre elles par des diaphragmes ou des contreventements et dont le rôle est de supporter le platelage.

Dans la présente section, l'élément « Poutre » est traité. Cet élément fait partie du groupe « Poutre à âme pleine/poutre-caisson » qui se trouve dans le tableau 7.1-1.

Pour ce type de pont, les poutres à âme pleine peuvent être en béton armé, en béton précontraint, en acier et en bois. La poutre en béton armé ou précontraint peut être bétonnée en place ou préfabriquée en usine.

La poutre en acier peut être laminée selon une forme normalisée ou constituée de plaques assemblées par rivetage, par boulonnage ou par soudage. Il peut également y avoir des raidisseurs verticaux ou longitudinaux lorsque la conception le requiert et des joints de construction dans le cas de structures à longues portées. Dans le présent système d'inspection, les raidisseurs et les joints de construction font partie intégrante de la poutre et, de ce fait, ils sont évalués avec elle.

La poutre en bois peut être constituée de bois scié ou de bois lamellé-collé; elle est généralement de forme rectangulaire.

7.2.1 Les défauts généraux

Les défauts présentés dans cette section sont les défauts qui concernent l'ensemble des poutres à âme pleine.

Les défauts de matériaux

Selon le matériau qui constitue la poutre, les principaux défauts pour lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- les défauts du béton tels que la désagrégation, la corrosion des armatures, la fissuration, le délaminage et l'éclatement;
- les défauts de l'acier tels que la corrosion, la fissuration et les déformations permanentes (voilement et flambement);
- les défauts du bois tels que la pourriture, les trous d'insectes et les altérations physiques (fêlure, rupture et écrasement).

Il est à noter que la description détaillée de ces défauts se trouve au chapitre 4 « Défauts de matériaux ».

La flèche et les vibrations excessives

Une flèche ou des vibrations excessives peuvent également être observées au niveau des poutres lors du passage de camions lourds sur la structure. Ces défauts sont des indices de faiblesse du système structural et ils peuvent avoir un impact au niveau du comportement de l'élément.

7.2.2 Les défauts particuliers de la poutre en béton armé

La fissuration est un défaut caractéristique de la poutre en béton armé. Deux catégories de fissures peuvent être observées dans ces poutres, soit les fissures structurales et les fissures non structurales.

Les fissures structurales sont principalement des fissures de flexion, de cisaillement et de flexion-cisaillement. La figure 2.4-4, présentée dans le chapitre 2 « Analyse des structures », montre ces types de fissures.

Il est à mentionner que la présence de fissures dans le béton armé est un phénomène que l'on pourrait qualifier de normal. Cependant, selon l'emplacement des fissures, leur importance en termes d'ouverture et le fait que leur ouverture progresse ou non dans le temps, la fissuration peut être un signe de comportement déficient de la poutre.

Les fissures de flexion

Ces fissures peuvent être observées dans les zones tendues de la poutre, c'est-à-dire à partir de la fibre inférieure lorsque l'on est au centre de la travée (zone de flexion positive) ou à partir de la fibre supérieure lorsque la poutre est continue au-dessus des appuis (zone de flexion négative). Ces fissures remontent à la verticale sur les faces des poutres. Elles sont visibles également sous la poutre lorsque l'on se trouve dans une zone de flexion positive. Leur ouverture est maximale à la fibre extrême tendue et diminue vers la mi-hauteur de la poutre. L'espacement entre les fissures de flexion augmente à mesure que l'on s'éloigne des sections critiques.

Les fissures de cisaillement

Les fissures de cisaillement peuvent être observées sur les faces verticales d'une poutre dans les zones à proximité des appuis de la poutre; elles ont généralement une inclinaison d'environ 45 degrés. L'ouverture d'une fissure de cisaillement est maximale à la mi-hauteur de la poutre et elle s'atténue à mesure que l'on s'éloigne de la mi-hauteur vers les fibres extrêmes (inférieure et supérieure). Généralement, l'importance des fissures en termes d'ouverture et le nombre de fissures diminuent à mesure que l'on s'éloigne des appuis.

Les fissures de flexion-cisaillement

Les fissures de flexion-cisaillement sont le résultat de l'action combinée de la flexion et du cisaillement. Elles s'amorcent à la verticale comme des fissures de flexion et se poursuivent avec une inclinaison comme des fissures de cisaillement. Ces fissures s'observent généralement entre les zones sensibles à la flexion et au cisaillement.

Les fissures causées par les restrictions de mouvement

Des fissures causées par une restriction de mouvement peuvent également être observées. En effet, des contraintes de traction dans le béton se produisent lorsque les mouvements sont empêchés, par exemple lors du mauvais fonctionnement d'un appareil d'appui ou lorsque les mouvements causés par les variations de température sont empêchés. Ainsi, des fissures apparaissent lorsque les contraintes produites dépassent la résistance à la traction du béton. Un exemple de fissures générées par une restriction de mouvement est montré à la figure 7.2-1.

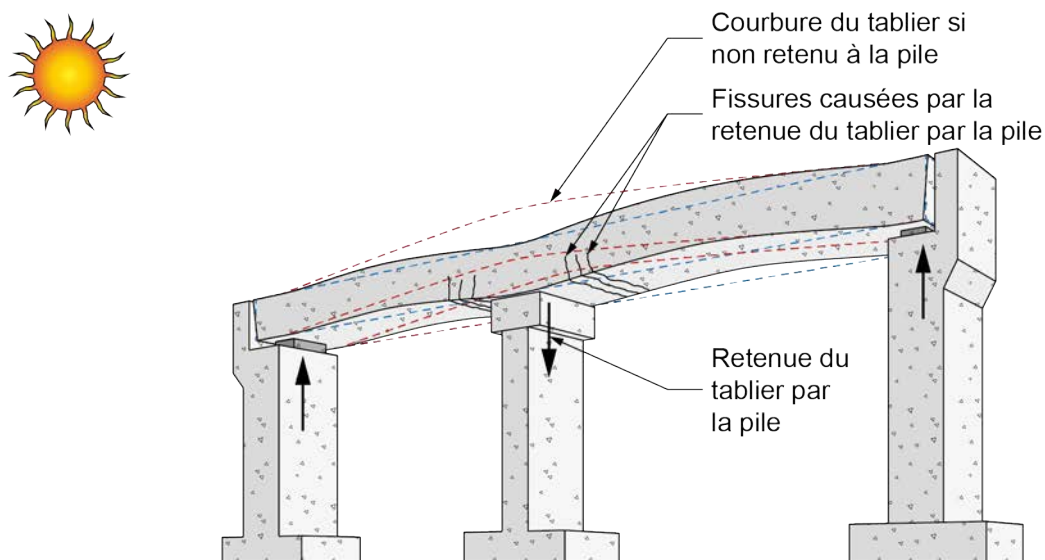


Figure 7.2-1 Fissures générées par des restrictions de mouvement

Les autres types de fissures

En plus des fissures dites « structurales », décrites ci-dessus et celles causées par restrictions de mouvement, il est possible d'observer d'autres types de fissures qui sont généralement le résultat d'une mauvaise mise en œuvre. Les plus fréquentes sont les suivantes :

- les fissures de retrait (mûrissement inadéquat du béton);

- les fissures causées par le manque de recouvrement du béton (armatures placées trop près de la surface);
- les fissures de délaminage (gonflement de l'armature par la corrosion).

La figure 7.2-2 montre des exemples de ces types de fissures. La plupart du temps, ces fissures ne reflètent pas une faiblesse structurale, mais elles affectent la durabilité de l'élément et peuvent entraîner une perte de résistance selon la gravité des dommages qui en résultent.

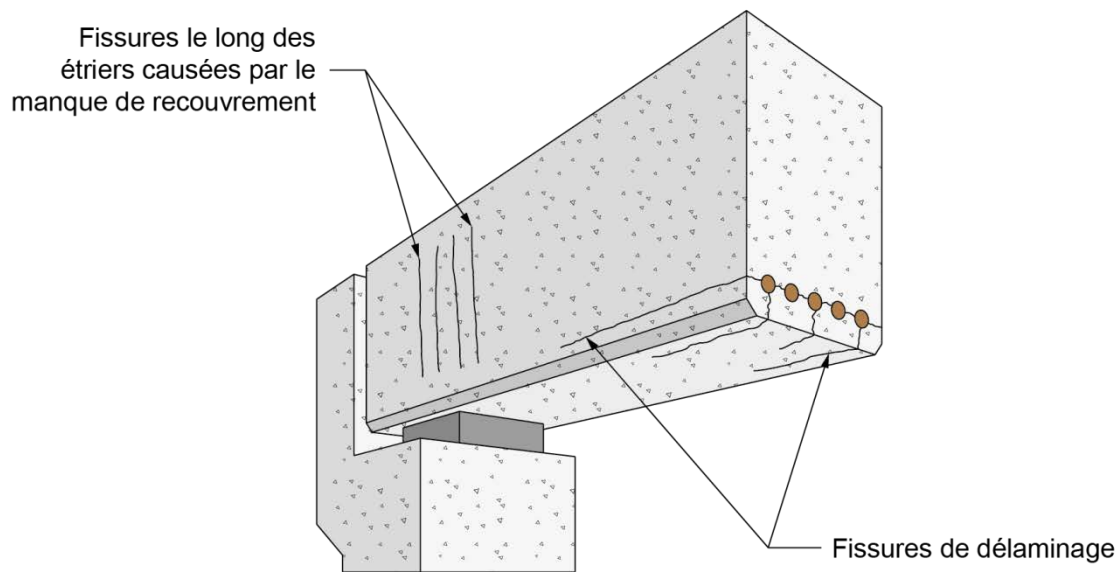


Figure 7.2-2 Fissuration causée par le manque de recouvrement et par le délaminage

7.2.3 Les défauts particuliers de la poutre en béton précontraint

Pour la poutre en béton précontraint, il est possible d'observer des fissures comme celles décrites à la section 7.2.2 pour la poutre en béton armé. Il y a également les défauts énumérés ci-dessous qui sont des défauts propres à la poutre en béton précontraint :

- les fissures le long des câbles de précontrainte;
- les fissures longitudinales sur les semelles ;
- les fissures d'extrémité;
- les fissures des zones de continuité sur appui;

- la diminution de section des câbles de précontrainte;
- le glissement des câbles de précontrainte.

Les fissures le long des câbles de précontrainte

Ces fissures naissent près des ancrages et se poursuivent dans l'âme et la semelle inférieure de la poutre en suivant le tracé des câbles comme montré à la figure 7.2-3.

Elles peuvent évoluer sous l'action des cycles de gel-dégel ou de la corrosion. Dans ce cas, des fissures fines et continues suivent le tracé des câbles de précontrainte et sont souvent caractérisées par la présence de calcite.

Les fissures longitudinales sur les semelles

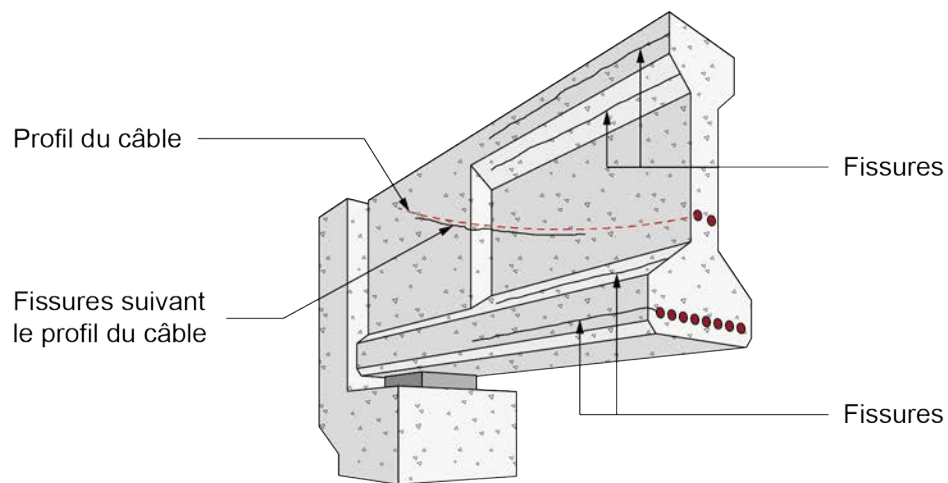
Ces fissures peuvent être observées sur les semelles supérieures et inférieures et elles résultent d'une insuffisance d'étriers de confinement (figure 7.2-3). L'ouverture de ces fissures peut être plus importante dans le cas des poutres extérieures, car celles-ci sont plus exposées aux intempéries et donc à l'infiltration d'eau.

Les fissures d'extrémité

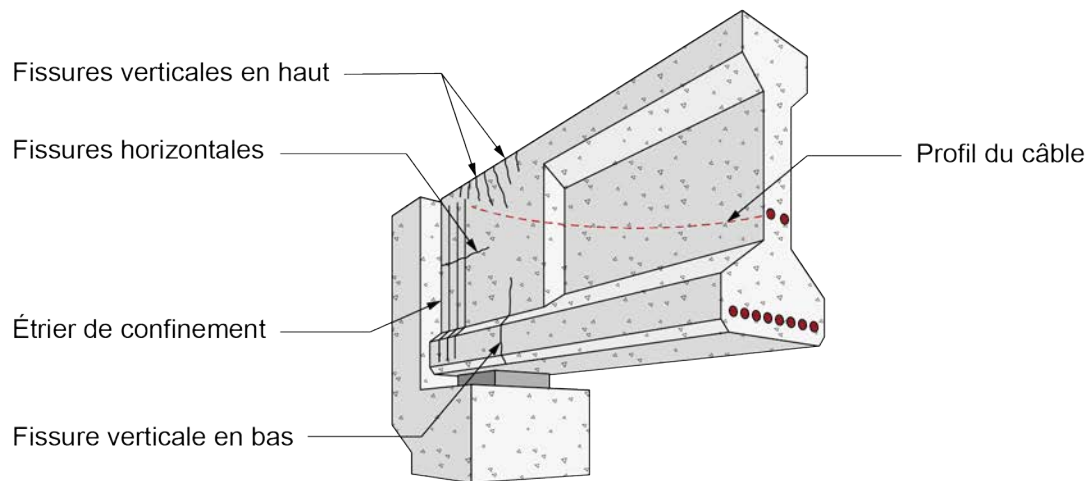
Il existe plusieurs types de fissures d'extrémité (figure 7.2-3). Les fissures horizontales à la mi-hauteur de la poutre sont souvent causées par un niveau de contrainte trop élevé ou une insuffisance d'étriers de confinement.

De plus, on peut observer des fissures verticales s'amorçant à partir du haut de la poutre, causées par le transfert prématuré de la précontrainte.

Il y a également les fissures verticales qui s'amorcent à partir du bas de la poutre. L'origine de ces fissures peut être le mauvais fonctionnement des appareils d'appui en service ou le raccourcissement empêché de la poutre lors du transfert de la précontrainte.



Fissures le long des câbles de précontrainte et sur les semelles



Fissures d'extrémité

Figure 7.2-3 Fissuration des poutres en béton précontraint

Les fissures des zones de continuité sur appui

Certains ouvrages sont construits, dans une première phase en plusieurs travées simples indépendantes, puis sont rendus continus au-dessus des appuis intermédiaires dans une seconde phase. Cette continuité est obtenue par un clavage en béton armé ou en béton précontraint.

La fissuration transversale qui affecte quelquefois ces zones peut être causée par plusieurs phénomènes :

- le comportement différentiel entre le béton de clavage et celui des poutres bétonnées à des périodes différentes;
- la redistribution des efforts due aux déformations différées empêchées des poutres;
- l'insuffisance d'acier d'armature ou de câbles de précontrainte.

La diminution de section des câbles de précontrainte

Suivant une détérioration du béton ou l'impact d'un véhicule, les câbles de précontrainte peuvent devenir apparents et être attaqués par la corrosion. La diminution de la section des câbles qui en résulte se traduit par une perte de capacité de la poutre. De plus, les fils des torons étant à un niveau de tension élevé, ceux-ci sont sensibles à la rupture, dès l'apparition d'une piqûre de corrosion. Ce type de corrosion est appelé « corrosion sous tension ».

Le glissement des câbles de précontrainte

Conséquemment à une détérioration du béton ou à l'impact d'un véhicule, les câbles de précontrainte peuvent être dégagés. Lorsque la longueur de scellement des câbles dans le béton est insuffisante pour développer la force de précontrainte par frottement, il y a glissement des câbles dans le béton et ceux-ci perdent alors de l'efficacité. Cette situation peut s'observer par une flèche permanente dans la travée, c'est-à-dire un relâchement anormal des câbles de précontrainte.

7.2.4 Les défauts particuliers de la poutre en acier

En ce qui concerne la poutre en acier, une attention doit être portée pour les défauts suivants :

- la corrosion;
- la fissuration;
- le déversement;
- le voilement;
- le relâchement des assemblages.

La corrosion

Étant plus exposées aux intempéries et aux sels de déglacage, les poutres de rive et la partie des poutres située près des appuis sous les joints de tablier sont plus susceptibles d'être endommagées par la corrosion.

De plus, la semelle inférieure de la poutre est souvent la plus dégradée, car les débris, le sable et les sels de déglacage ont tendance à s'y accumuler. La semelle supérieure est également sujette à la corrosion lorsque le platelage est en bois ou en grillage métallique puisqu'elle est alors plus exposée à l'humidité et aux sels.

La fissuration

La principale cause de la fissuration de l'acier est la fatigue. La section 2.4.4.6 du chapitre 2 « Analyse des structures » présente les notions de résistance à la fatigue de l'acier ainsi que les détails d'assemblage où la fissuration est le plus susceptible de se produire.

Le déversement

Le déversement d'une poutre est décrit à la section 2.4.4.4 du chapitre 2 « Analyse des structures ». C'est un mode de rupture qui peut survenir lorsque la semelle comprimée de la poutre n'est pas retenue adéquatement, soit parce que le nombre de supports latéraux est insuffisant ou parce que les supports latéraux sont en mauvaise position.

Le voilement

Le voilement est une déformation locale d'une paroi soumise à un effort de compression. Le voilement peut survenir au niveau de l'âme ou de la semelle comprimée de la poutre tel que montré à la figure 7.2-4. Le voilement peut être observé vers le centre de la travée au niveau de la semelle supérieure de la poutre puisqu'il s'agit de la semelle comprimée, tandis qu'il peut être observé dans la zone d'appui au niveau de l'âme ou de la semelle inférieure.

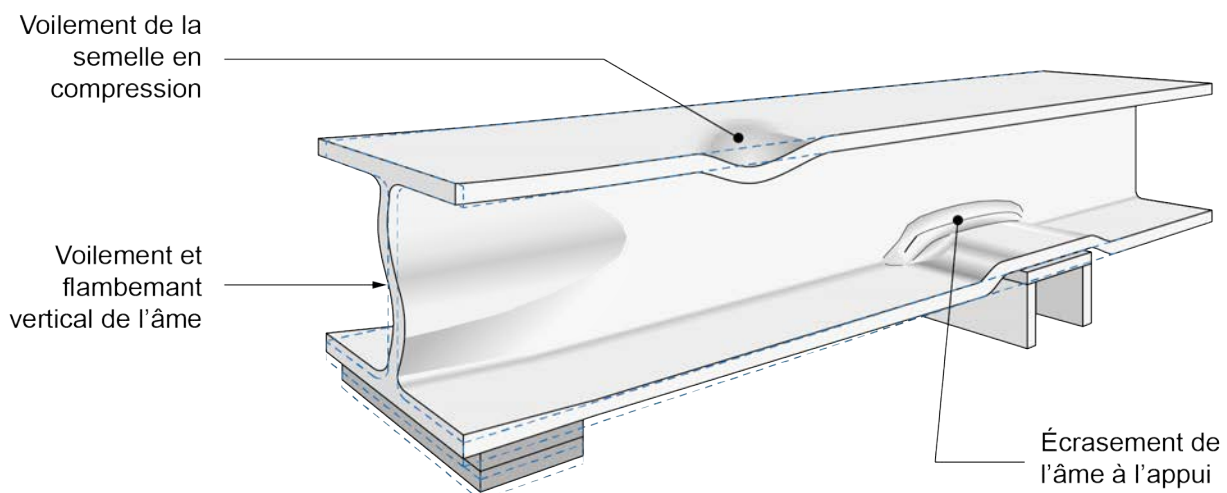


Figure 7.2-4 Défauts des poutres en acier

Le relâchement des assemblages

Les assemblages visés dans la présente section sont les assemblages des différentes plaques constituant la poutre, les joints de construction de la poutre ainsi que les assemblages des raidisseurs d'âme à la poutre. Ces assemblages font partie intégrante de la poutre et, de ce fait, ils sont évalués avec elle.

La fissuration et la déformation des plaques d'assemblage de même que le manque de boulons ou de rivets sont des signes révélateurs d'un relâchement des assemblages.

La corrosion, les surcharges et les vibrations excessives contribuent au relâchement des assemblages.

7.2.5 Les défauts particuliers de la poutre en bois

En ce qui concerne la poutre en bois, une attention doit être portée pour les défauts suivants :

- la diminution de section;
- la fêlure et la rupture;
- l'écrasement.

La diminution de section

Lorsqu'un défaut réduit la section initiale de la poutre, par exemple une détérioration causée par la pourriture ou faisant suite à un impact, alors ce défaut doit être pris en compte, car il peut réduire la capacité portante de la poutre.

La fêlure et la rupture

La fêlure est une séparation incomplète des fibres d'une pièce en bois. La fêlure perpendiculaire aux fibres est causée par des efforts de flexion attribuables à une surcharge. Elle survient principalement dans la partie inférieure de la section transversale au centre des portées.

La fêlure parallèle aux fibres est causée par le cisaillement longitudinal et elle apparaît généralement à la mi-hauteur des poutres. Lorsque la séparation devient complète, on parle alors de rupture de la pièce.

L'écrasement

L'écrasement est une déformation permanente des fibres, engendrée par une compression excessive. L'écrasement perpendiculaire aux fibres apparaît généralement au niveau des appuis de la poutre.

7.2.6 La poutre en acier enrobée de béton

Certaines poutres sont constituées d'un profilé d'acier enrobé de béton. L'aspect extérieur de ces poutres est le même que celui d'une poutre bétonnée en place. En l'absence de plans, il est impossible de connaître les dimensions de la poutre d'acier. Souvent, ce n'est que lorsque le béton est désagrégé que la présence d'une poutre en acier peut être confirmée.

En l'absence d'information sur la poutre en acier permettant d'évaluer son état (A, B, C et D) et son comportement (cote CEC), l'inspecteur doit évaluer la poutre comme s'il s'agissait d'une poutre en béton armé.

7.3 LE PONT À POUTRES-CAISSONS

Le système structural d'un tablier de pont à poutres-caissons est constitué de poutres-caissons qui sont reliées entre elles par des diaphragmes ou des contreventements et dont le rôle est de supporter le platelage.

Dans la présente section, les éléments présentés dans le tableau 7.1-1 qui font partie du groupe « Poutre à âme pleine / poutre-caisson » sont traités.

La poutre-caisson est généralement de forme rectangulaire ou trapézoïdale et comporte des évidements simples ou multiples. Elle peut être fabriquée en acier, en béton armé ou en béton précontraint. Elle forme généralement une structure mixte avec la dalle.

Dans le cas de la poutre-caisson en acier, les raidisseurs et les joints de construction sont évalués avec la poutre-caisson, comme c'est le cas pour la poutre à âme pleine.

Les diaphragmes d'extrémité à l'intérieur de la poutre-caisson sont des parois renforcées placées à l'intérieur des caissons au-dessus des appuis. Ces éléments sont principaux, car ils transmettent les charges aux unités de fondation et empêchent la déformation du caisson à son extrémité. Ces diaphragmes ne doivent pas être confondus avec les diaphragmes reliant deux poutres-caissons, ces derniers étant des éléments secondaires.

L'inspecteur doit examiner l'extérieur et l'intérieur de la poutre-caisson. S'il est impossible d'inspecter l'intérieur de la poutre-caisson parce que l'espace disponible ne permet pas à l'inspecteur d'y entrer, un commentaire expliquant la situation doit être inscrit et l'inspecteur doit juger de l'état de la poutre en fonction des défauts qu'il observe à l'extérieur.

Les défauts associés à la poutre-caisson sont de même nature que les défauts de la poutre à âme pleine en béton armé, en béton précontraint ou en acier décrits à la section 7.2.

Une attention particulière doit être portée à la déformation du caisson en acier près des appuis. Il peut également arriver que le diaphragme d'extrémité à l'intérieur de la poutre présente des déformations, signe que la poutre est sollicitée au-delà de sa capacité. Étant donné que ces déformations sont un signe évident de faiblesse structurale, celles-ci doivent être signalées immédiatement à la direction territoriale.

Pour les diaphragmes d'extrémité d'une poutre-caisson en béton, la fissuration du diaphragme peut être révélatrice d'une insuffisance de résistance à la suite d'un levage de tablier ou d'une sollicitation trop importante du diaphragme sous les charges.

Le drainage et la ventilation des caissons doivent être parfaitement fonctionnels afin de limiter les accumulations d'eau et d'humidité. Toute anomalie doit être notée, photographiée et signifiée à l'ingénieur responsable de l'inspection.

7.4 LE PONT À POUTRES TRIANGULÉES

La poutre triangulée est une poutre composée de plusieurs membrures : une corde supérieure, une corde inférieure, des diagonales et des montants. Ces différentes membrures sont reliées entre elles à l'aide d'assemblages qui sont constitués de pièces de transfert, dont les plaques goussets, et de connecteurs (boulons, rivets ou soudures). Les photos 7.4-1 a) et 7.4-1 b) montrent des exemples d'assemblages dans une poutre triangulée.

Contrairement à la poutre à âme pleine et à la poutre-caisson, ces assemblages reliant les différentes membrures de la poutre triangulée font l'objet d'une distinction à l'inventaire (élément « Assemblage ») et, par conséquent, ils sont évalués séparément lors de l'inspection.

Dans la présente section, les éléments présentés dans le tableau 7.1-1 qui font partie du groupe « Poutre triangulée » sont traités.

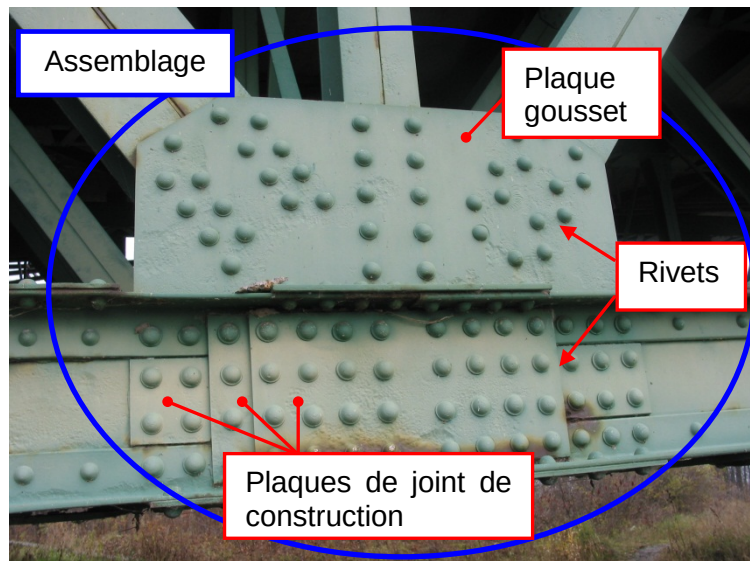


Photo 7.4-1 a) Assemblage dans une poutre triangulée

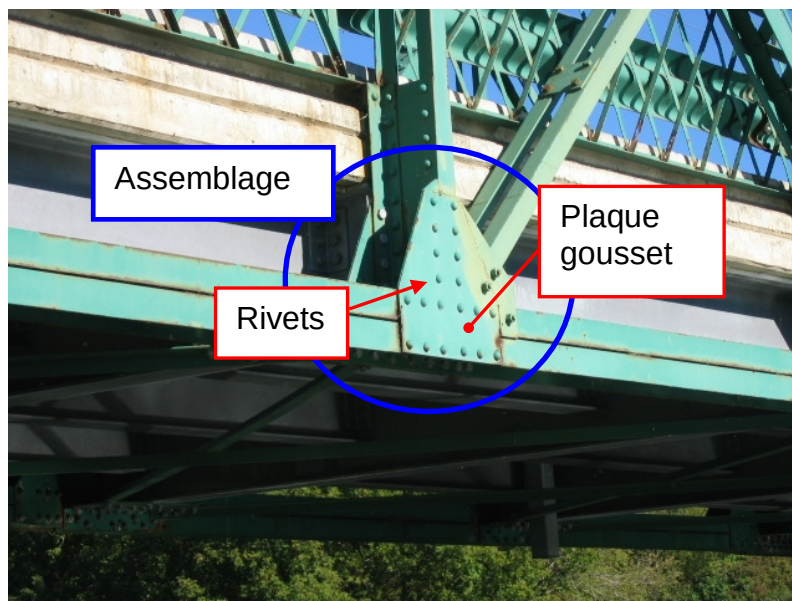
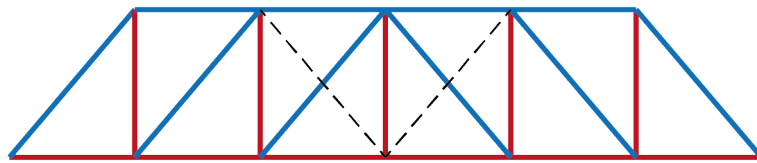


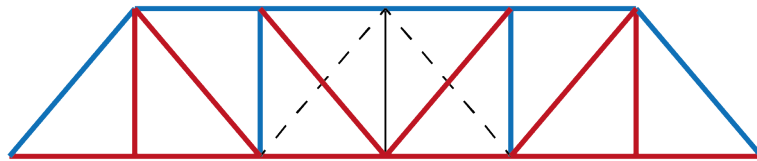
Photo 7.4-1 b) Assemblage dans une poutre triangulée

Les composantes d'une poutre triangulée sont soumises à des efforts axiaux. Dans le cas d'une poutre simplement appuyée, la membrure supérieure est comprimée, la membrure inférieure est tendue et les diagonales et montants sont comprimés ou tendus selon le type de poutre triangulée et la position de la surcharge routière.

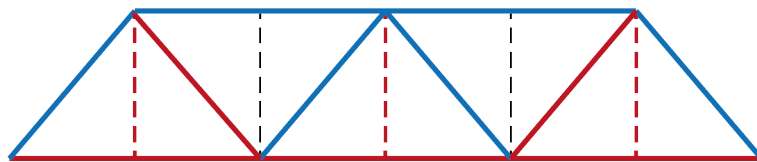
Les types de poutres triangulées sont variés et le cheminement des efforts dans les membrures pour différents types est montré à la figure 7.4-1.



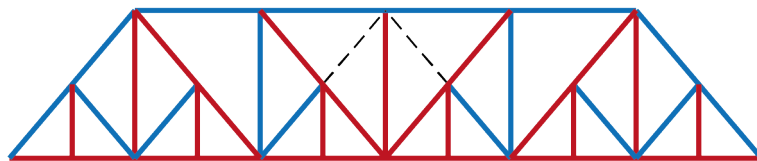
Howe



Pratt



Warren



Baltimore

— Traction
— Compression

Figure 7.4-1 Efforts pour différents types de poutres triangulées

En ce qui concerne la poutre triangulée, une attention doit être portée pour les défauts suivants :

- la corrosion;
- la fissuration;
- les déformations permanentes;
- la striction;
- le relâchement des assemblages.

La corrosion

La corrosion peut affecter les composantes d'une poutre triangulée. L'humidité, les dépôts de sable et les produits de déglacage peuvent s'accumuler sur les surfaces horizontales des profilés d'acier et au niveau de leurs assemblages, et ce, particulièrement dans le cas des poutres triangulées à tablier inférieur.

Ces dépôts conservent l'humidité sur les surfaces d'acier et favorisent le développement et la progression de la corrosion.

La fissuration

La principale cause de la fissuration de l'acier est la fatigue. La section 2.4.4.6 du chapitre 2 « Analyse des structures » présente les notions de résistance à la fatigue de l'acier ainsi que les détails d'assemblage où des fissures sont susceptibles d'apparaître.

Les fissures peuvent aussi être causées par une contrainte excessive dans les membrures en traction ou par l'impact d'un véhicule.

Les déformations permanentes

Les membrures susceptibles de subir du voilement ou du flambement sont celles sollicitées par des efforts de compression, c'est-à-dire la membrure supérieure, certaines diagonales et certains montants. Le voilement peut également être observé au niveau des plaques goussets des assemblages.

Lorsqu'il y a voilement, une ondulation de la paroi apparaît localement et ceci peut influencer de façon significative le comportement et la résistance de la pièce. Lorsque la surcharge entraîne la déformation globale de la pièce, il s'agit alors de flambement. Le flambement est une rupture, car la pièce ne peut plus reprendre d'efforts.

Lorsque les déformations permanentes sont observées sur des membrures en traction, la résistance de la membrure n'est pas nécessairement réduite. La réduction de capacité est fonction de l'ampleur de la déformation et son appréciation est liée au jugement de l'inspecteur.

Il arrive également que certains éléments de la poutre soient endommagés par l'impact de véhicules ou d'équipements de déneigement. Ces membrures sont souvent déformées ou désaxées, réduisant ainsi leur capacité lorsqu'elles sont sollicitées en compression.

La striction

Les membrures tendues d'une poutre triangulée peuvent être surchargées et se déformer jusqu'à la striction. Celle-ci est caractérisée par une réduction visible et localisée de l'épaisseur de la section de la pièce et elle est accompagnée généralement par l'écaillage local de la peinture.

Pour une poutre triangulée, les composantes susceptibles de subir de la striction sont la membrure inférieure, les diagonales et les montants soumis à des efforts de traction.

Le relâchement des assemblages

Les assemblages d'une poutre triangulée sont nombreux et une attention particulière doit être portée lors de l'inspection afin de vérifier s'il y a un relâchement au niveau de l'un ou de plusieurs assemblages.

La fissuration et la déformation des plaques d'assemblage de même que le manque de boulons ou de rivets sont des signes révélateurs de relâchement des assemblages. La corrosion, les surcharges et les vibrations excessives contribuent au relâchement des assemblages.

7.5 LE PONT EN ARC

Le pont en arc est généralement composé d'une membrure supérieure horizontale et d'un arc relié par un tympan rigide (mur plein) ou flexible (montants ou suspentes et diagonales de longueurs variables). Dans le cas de l'arc en acier, les différentes membrures sont reliées entre elles à l'aide d'assemblages comme pour la poutre triangulée en acier.

Dans la présente section, les éléments présentés dans le tableau 7.1-1 qui font partie des groupes « Arc » et « Arc à tympan rigide » sont traités.

L'arc est une poutre courbe dans le plan vertical. Les efforts produits dans l'arc par les charges verticales sont principalement des efforts de compression. Les réactions d'appuis sont inclinées et la composante horizontale est appelée poussée. L'arc est fabriqué principalement en béton ou en acier et il peut être encastré ou rotulé à sa base. Il arrive également qu'une rotule soit présente dans la partie supérieure de l'arc à la mi-portée.

Plusieurs défauts observés sur les ponts en arc sont similaires à ceux des autres types de systèmes structuraux en acier ou en béton. Dans cette section, nous traiterons uniquement des défauts inhérents aux arcs en acier et en béton.

Le pont en arc est surtout sensible aux mouvements des appuis, même si ces mouvements sont faibles. Il est également sensible au retrait et aux effets thermiques.

Les principaux défauts propres au pont en arc sont les suivants :

- les fissures transversales;
- les fissures longitudinales;
- les articulations défectueuses;
- les défauts spécifiques du tirant;
- le fonctionnement inadéquat des dispositifs d'évacuation des eaux d'infiltration.

Les fissures transversales

Les fissures transversales affectant l'arc en béton surviennent le plus souvent à la clé ou au droit des montants supportant le tablier, comme montré à la figure 7.5-1.

Les fissures transversales sont disposées parallèlement à la fondation, c'est-à-dire qu'elles sont perpendiculaires au sens de la circulation. Ces fissures transversales à la clé apparaissent lorsqu'il y a un tassement différentiel au niveau des appuis.

Les fissures transversales au droit des montants sont particulières à l'arc à tablier supérieur ou intermédiaire. Elles sont visibles en dessous de la voûte de l'arc, juste au niveau des assises des montants et sont actives sous les effets thermiques. Elles proviennent du fait que les déformations de l'arc sont empêchées par les montants.

Les fissures longitudinales

Les fissures longitudinales observables dans les arcs en béton surviennent le plus souvent au niveau du tympan ou dans l'arc lui-même. Les fissures longitudinales sont parallèles au sens de la circulation.

Dans le tympan, elles sont causées par le tassement différentiel entre les appuis (figure 7.5-1) ou par le tassement différentiel transversal sous une même ligne d'appui.

Quant aux fissures longitudinales dans l'arc, elles peuvent être attribuables à une insuffisance d'armature transversale qui ne permet pas de confiner adéquatement le béton.

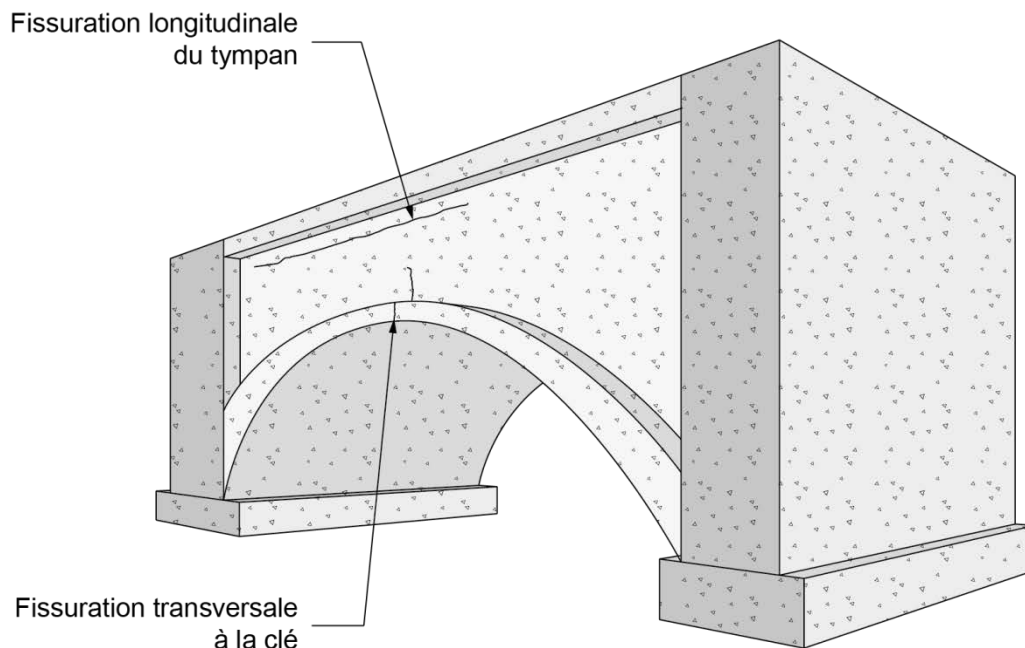


Figure 7.5-1 Fissuration d'un arc en béton

Les articulations défectives

Un problème de comportement au niveau des articulations peut survenir lorsqu'il y a une détérioration du matériau ou une accumulation de débris.

Les défauts spécifiques du tirant

Ces défauts s'appliquent à l'arc à tablier inférieur avec tirant. L'arc à tirant est l'une des structures qui possède le moins de redondance, puisque sa capacité est entièrement dépendante des deux tirants qui résistent à la poussée horizontale provenant de l'arc.

Le détail le plus critique est l'assemblage du tirant avec l'arc, particulièrement s'il est soudé. Les soudures doivent être examinées avec soin afin de détecter les fissures et les défauts de soudage susceptibles d'amorcer la fissuration. L'utilisation planifiée de méthodes d'inspection des soudures à l'aide d'essais non destructifs est recommandée.

Le fonctionnement inadéquat des dispositifs d'évacuation des eaux d'infiltration

Dans un arc à mur tympan avec remblai, il faut s'assurer que les dispositifs d'évacuation de l'eau d'infiltration demeurent efficaces afin d'éviter les dommages dus à l'accumulation d'eau.

7.6 LES STRUCTURES DE TABLIER – ENTRETOISES ET LONGERONS

Dans la présente section, les éléments présentés dans le tableau 7.1-1 qui font partie du groupe « Structure de tablier » sont traités.

Les entretoises et les longerons servent principalement à transférer les charges de la dalle mince aux poutres principales. Par leur géométrie et le type de matériau les constituants, les entretoises et les longerons s'apparentent aux poutres à âme pleine et sont évalués à partir des mêmes critères. Les défauts qui peuvent être observés sont donc traités à la section 7.2.

Il est à noter que les assemblages permettant de relier un longeron à des entretoises sont évalués avec le longeron et ceux permettant de relier une entretoise à des poutres sont évalués avec l'entretoise.

7.7 LES DIAPHRAGMES ET LES CONTREVENTEMENTS

Dans la présente section, les éléments présentés dans le tableau 7.1-1 qui font partie du groupe « Contreventements » sont traités.

Les diaphragmes relient les poutres les unes aux autres et permettent ainsi de restreindre les mouvements relatifs entre les poutres en répartissant les charges verticales, de prévenir le déversement des poutres et d'assurer la stabilité de celles-ci contre les charges latérales sans qu'il y ait déformation excessive ou permanente. Comme expliqué au chapitre 2 « Analyse des structures » du présent manuel, pour prévenir le déversement, les diaphragmes doivent être positionnés de manière à retenir la semelle comprimée.

De la même façon, le rôle des contreventements est de restreindre les mouvements relatifs entre les éléments principaux, de prévenir le déversement ou le flambement latéral de ceux-ci et d'assurer la stabilité globale de la structure (transversalement et longitudinalement) contre les charges latérales sans qu'il y ait déformation excessive ou permanente.

Le portique d'extrémité est un contreventement, mais il est évalué séparément des autres contreventements, car il est plus souvent heurté par des véhicules.

Il est à noter que les assemblages permettant de fixer les diaphragmes, les contreventements et les portiques d'extrémité aux autres éléments de la structure sont évalués avec les contreventements, les diaphragmes ou les portiques d'extrémité respectivement.

Les principaux défauts associés aux éléments du groupe « Contreventement » sont des défauts qui s'apparentent à ceux décrits à la section 7.2 pour les poutres à âme pleine :

- la diminution de section due à la corrosion;
- la fissuration;
- les déformations permanentes;
- le relâchement des assemblages.

7.8 LE PONT SUSPENDU

Un pont suspendu est composé d'un tablier suspendu à des câbles porteurs en acier à haute résistance, eux-mêmes retenus à des pylônes et à des massifs d'ancrage. Le tablier est relié aux câbles porteurs à l'aide de suspentes en acier, à haute résistance.

Dans la présente section, les éléments présentés dans le tableau 7.1-1 qui font partie du groupe « Pont suspendu » sont traités.

Le principe de fonctionnement d'un pont suspendu peut être schématisé de la façon suivante :

- un tablier assure la continuité de la voie portée et la répartition locale des charges;
- des suspentes supportent le tablier et transmettent les efforts aux câbles;
- les câbles de forme parabolique assurent la fonction porteuse et transfèrent les efforts aux pylônes et aux massifs d'ancrage.

La tension dans les câbles porteurs induit au sommet des pylônes une composante principale verticale ainsi qu'une composante horizontale moindre. Aux extrémités de l'ouvrage, la totalité de la tension des câbles porteurs est reprise par les massifs d'ancrage.

Le système structural du tablier, constitué de longerons, d'entretoises et de poutres principales (poutres à âme pleine, poutres triangulées ou poutres-caissons), se trouve sous différentes formes et matériaux. L'information nécessaire à l'inspection de ces éléments est présentée aux sections 7.2, 7.3, 7.4 et 7.6.

Précisons seulement que, dans le cas des poutres, un défaut de leur alignement longitudinal peut être causé par une surcharge, un accrochage ou un désajustement des suspentes. Ce dernier peut être initié par le fluage des câbles porteurs, le glissement des ancrages, le desserrement d'une suspente ou plus rarement, le déplacement longitudinal des câbles dû au mouvement d'un massif d'ancrage. Le

désalignement transversal des poutres peut être causé par la faible rigidité des pièces transversales ou par un assemblage déficient du tablier. Les poutres peuvent avoir des pièces déformées, des défauts d'assemblage, de la corrosion et des fissures de fatigue.

Les pylônes, les piles ainsi que leurs fondations doivent être évalués selon les critères du chapitre 6 « Unités de fondation ».

Les éléments suivants, spécifiques au pont suspendu, sont décrits dans le présent chapitre :

- le massif d'ancrage;
- la chambre d'épanouissement des câbles;
- le câble porteur;
- les ancrages des câbles aux massifs, les culots d'ancrage et le collier d'épanouissement;
- les selles d'inflexion et d'infléchissement;
- le joint d'étanchéité des câbles;
- les suspentes et leurs accessoires;
- les bras d'articulation;
- les butoirs;
- les stabilisateurs latéraux.

Le pont suspendu, par sa très grande flexibilité, est beaucoup plus sensible aux variations de température que toute autre structure. Par ce fait, les inspections devraient être réalisées selon les mêmes conditions de température.

7.8.1 Le massif d'ancrage

Le massif d'ancrage est une unité de fondation. Le matériau et le comportement doivent être évalués selon les dispositions du chapitre 6 « Unités de fondation ». Cependant, certaines particularités spécifiques des massifs d'ancrage les différencient des autres types d'unités de fondation. Les massifs d'ancrage sont des éléments très volumineux et, en général, ils renferment des zones évidées, appelées chambres d'épanouissement (figure 7.8-1).

Les défauts particuliers aux massifs d'ancrage sont le mouvement du massif qui peut causer son instabilité et des défauts du béton au niveau des ancrages des câbles.

Une attention particulière doit être portée lors de l'inspection afin de déceler tout signe précurseur ou apparent de déplacement d'un massif. Ce déplacement peut être causé par de l'affouillement à la fondation, par une rupture des ancrages du massif au roc ou encore, par un séisme.

7.8.2 La chambre d'épanouissement des câbles

La chambre d'épanouissement fait partie du massif d'ancrage et elle est la zone où les câbles porteurs constitués de plusieurs fils ou torons sont séparés en vue de leur ancrage au massif (figure 7.8-1).

Les principaux facteurs de dégradation causant des défauts sont l'humidité, les variations de température, les infiltrations d'eau, l'étanchéité de la zone de pénétration des câbles à l'intérieur de la chambre et l'état des équipements et accessoires. D'ailleurs, certaines chambres possèdent un système de déshumidification afin de contrôler l'humidité environnante.

L'évaluation de l'élément « chambre d'épanouissement » doit se limiter à la surface d'ancrage tandis que les défauts associés aux parois de la chambre doivent être évalués à l'élément « massif d'ancrage ».

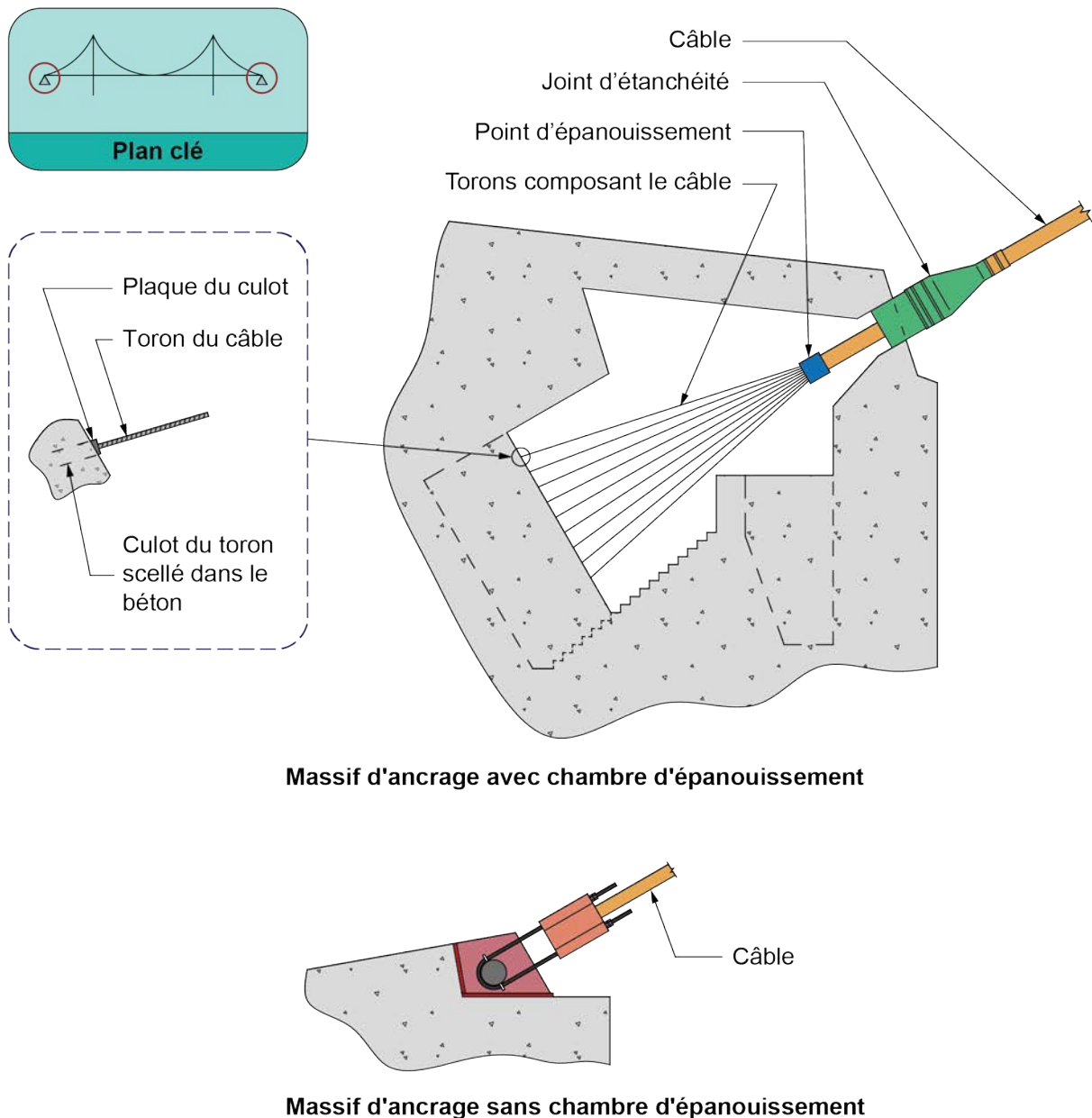


Figure 7.8-1 Massifs d'ancrage

7.8.3 Le câble porteur

Le câble porteur supporte le tablier et transmet les charges aux fondations par les pylônes et les massifs d'ancrage. Les câbles sont constitués de fils assemblés. Certains sont composés de fils parallèles, d'autres de fils torsadés (torons) ou encore, de torons torsadés (figure 7.8.2). En général, les câbles sont galvanisés.

Le principal défaut des câbles est la corrosion. Les sections des câbles les plus vulnérables sont celles situées dans les points les plus bas, car elles sont exposées à l'éclaboussure des sels de déglacage, à l'endommagement et au ruissellement interne. En plus des zones situées près de la circulation, les parties du câble au niveau des colliers d'épanouissement et des joints d'étanchéité sont à surveiller.

Les fils de torons des câbles porteurs étant galvanisés, deux niveaux doivent être franchis avant le niveau ultime, c'est-à-dire la rupture des fils. Le premier niveau est l'apparition de la corrosion blanche de la galvanisation (oxyde de zinc) et le deuxième niveau est celui de la corrosion de l'acier ou rouille (oxyde de fer) qui amène la rupture de la pièce. En effet, les fils des câbles étant à un niveau de tension élevé, ceux-ci sont sensibles à la rupture dès l'apparition d'une piqure de corrosion. Ce type de corrosion est appelé « corrosion sous tension ».

Le guipage étant la seule partie visible du câble porteur en dehors du massif d'ancrage, il importe d'en relever les moindres défauts tels que le suintement, les traces de rouille, les fils de guipage endommagés ou corrodés. Tout bris du système de protection des câbles doit être signalé et des correctifs doivent être apportés rapidement.

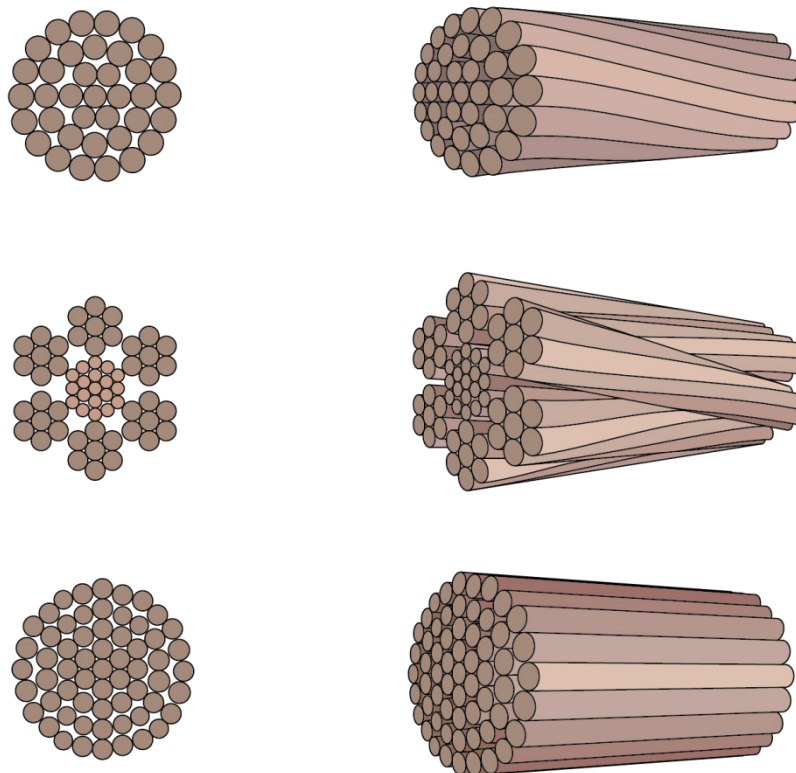


Figure 7.8-2 Types de torons

7.8.4 Les accessoires du câble porteur

Les ancrages des câbles au massif

En ce qui concerne les ancrages des câbles au massif, c'est la corrosion des fixations métalliques et la fissuration du béton autour de ceux-ci qui sont les problèmes majeurs. Certaines structures n'ont pas de système d'ancrage permettant le drainage des eaux de ruissellement provenant des câbles, ainsi que l'évacuation de l'humidité. Les parties basses des câbles sont particulièrement sensibles à ce phénomène.

Les culots d'ancrage

Les culots d'ancrage, lorsqu'ils ne sont pas coulés dans le massif d'ancrage, se trouvent à l'extrémité de la partie visible des torons à l'intérieur de la chambre d'épanouissement (figure 7.8-1). Ils servent à attacher chacun des torons au dispositif d'ancrage. Les culots sont des pièces d'acier massives.

Le principal défaut associé aux culots est la corrosion causée par l'accumulation d'eau à la base du toron, principalement à l'intérieur du culot même, lorsqu'il y a eu une mauvaise mise en œuvre du béton. La rupture de fils par la corrosion entraîne un report de contrainte sur les autres fils et une rupture du toron à brève échéance.

La selle d'inflexion

La selle d'inflexion permet au câble porteur de changer de direction au-dessus des pylônes principaux. Cette pièce doit avoir une géométrie telle que le câble ne doive pas subir de dommage ni de déformation préjudiciable (figure 7.8-3).

Dans certains cas, pour les pylônes rigides, notamment en maçonnerie, les selles permettent le déplacement longitudinal des câbles porteurs. Elles sont alors mobiles.

Si le rayon de courbure de la selle est trop faible, il peut y avoir des déformations, une perte de toronnage de câbles et des contraintes parasites. Les selles peuvent également être corrodées ou fissurées. Dans le cas des selles mobiles, leur manque d'entretien (lubrification) est une cause d'entrave aux mouvements des câbles.

Il est possible que les selles d'inflexion ne soient pas accessibles surtout si elles sont recouvertes d'un chapeau de protection contre les intempéries.

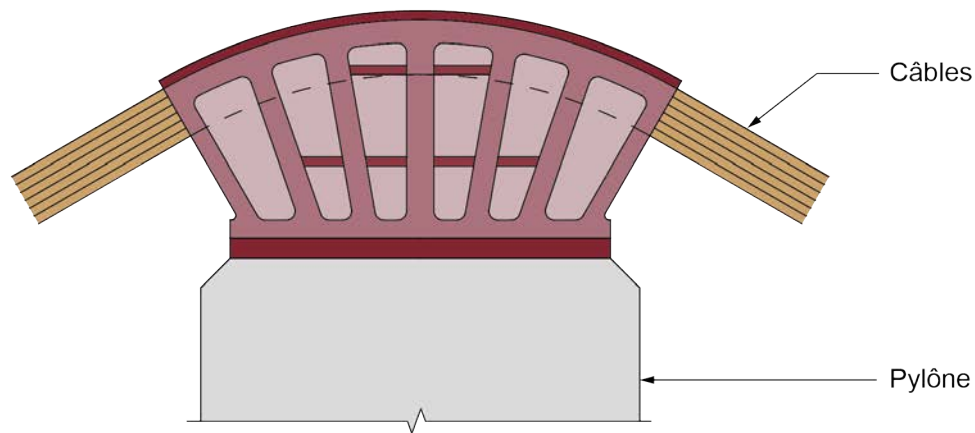


Figure 7.8-3 Selle d'inflexion

La selle d'infléchissement

La selle d'infléchissement sert à orienter l'extrémité du câble porteur à un point bas pour le diriger vers le collier d'épanouissement. Parfois, la selle d'infléchissement peut être mobile ou combinée au collier d'épanouissement (figure 7.8-4).

Tout comme pour la selle d'inflexion, si le rayon de courbure de la selle d'infléchissement est trop faible, il peut y avoir des déformations, une perte de toronnage des câbles et des contraintes parasites. Les selles peuvent aussi être corrodées ou fissurées. Dans le cas des selles mobiles, leur manque d'entretien est aussi la cause d'entrave aux mouvements des câbles.

Le collier d'épanouissement permet le déploiement en torons des câbles porteurs. Les principaux défauts associés au collier d'épanouissement sont la corrosion des câbles juste à la frontière du collier, la perte d'étanchéité du collier au point d'insertion du câble porteur et à la sortie de chacun des torons individuels, le serrage des boulons du collier, la fissuration du collier et finalement, la corrosion du collier.

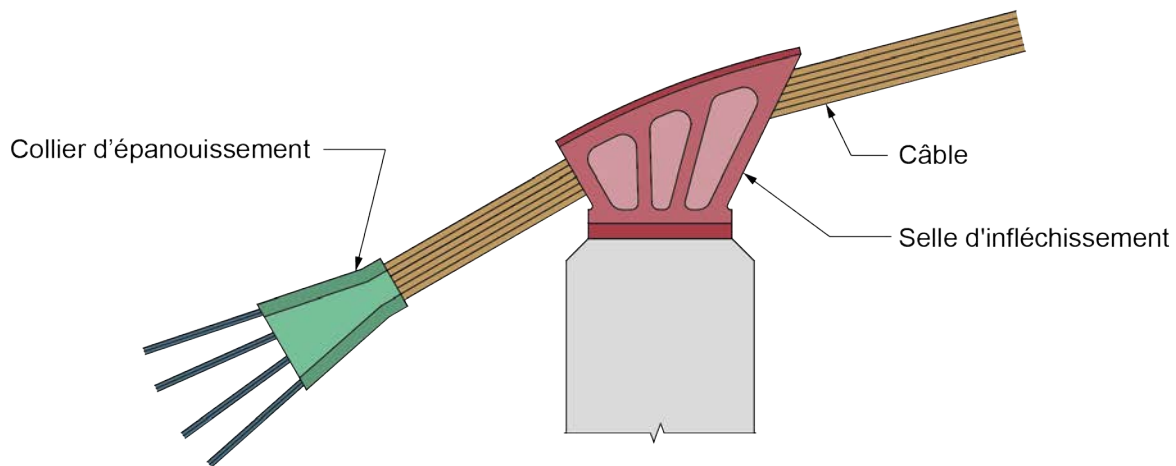


Figure 7.8-4 Selle d'infléchissement et collier d'épanouissement

Les joints d'étanchéité

La majorité des câbles porteurs traversent la paroi des chambres d'épanouissement à travers des orifices étanches. À l'intérieur de ces chambres, les câbles n'ont plus de protection, telle que le guipage, une gaine ou un système de peinture. L'étanchéité est alors assurée par des joints d'étanchéité (figure 7.8-1).

Lorsque les joints d'étanchéité sont endommagés, l'eau et l'humidité y pénètrent, favorisant ainsi la corrosion des torons.

7.8.5 Les suspentes et leurs accessoires

Les suspentes servent à transmettre les charges du tablier aux câbles porteurs. Les suspentes sont attachées aux câbles porteurs et au tablier à l'aide de différents systèmes de fixation. Ces derniers font partie intégrante des suspentes (figure 7.8-5).

Les défauts des suspentes sont semblables à ceux du câble porteur décrits à la section 7.8.3.

D'autres défauts des suspentes sont le désajustement de la tension ainsi que leur vibration excessive. Il est à noter que les suspentes longues sont plus souvent sujettes à la fatigue, en particulier à leurs extrémités.

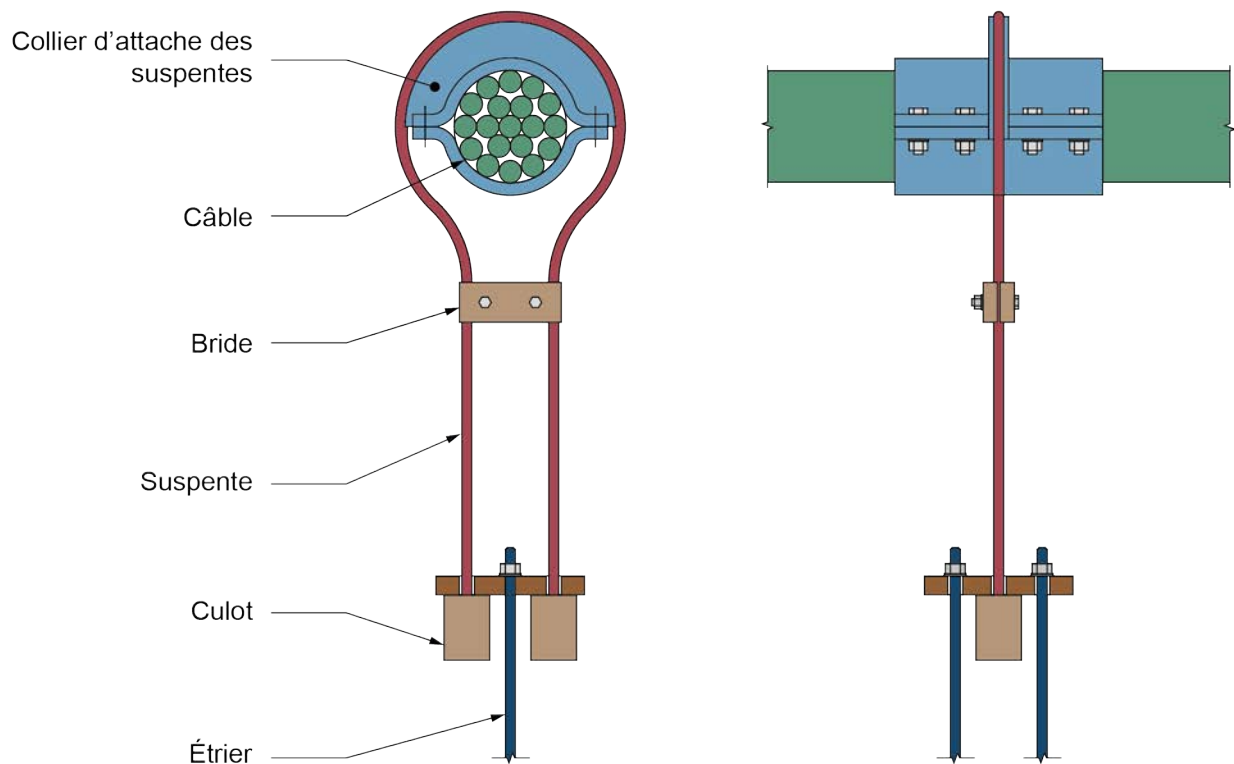


Figure 7.8-5 Suspente et accessoires

7.8.6 Les bras d'articulation

Les bras d'articulation sont des dispositifs reprenant les charges du tablier au droit des tours principales et parfois au niveau des points d'infléchissement du câble porteur. À ces endroits, le tablier doit être supporté par des éléments transmettant les charges aux unités de fondation et permettant les mouvements du tablier. Ces éléments sont généralement constitués de bras possédant des rotules à chacune de leurs extrémités permettant ainsi de grands déplacements (figure 7.8-6).

Ces éléments constituent des pièces maîtresses et sont sujets aux déformations sous les charges vives, à la fissuration et à la corrosion. Les dispositifs de rotation peuvent être altérés physiquement, encrassés, corrodés, déformés ou fissurés. Les désordres au niveau des bras d'articulation peuvent causer des contraintes excessives aux structures de support ainsi qu'aux poutres principales.

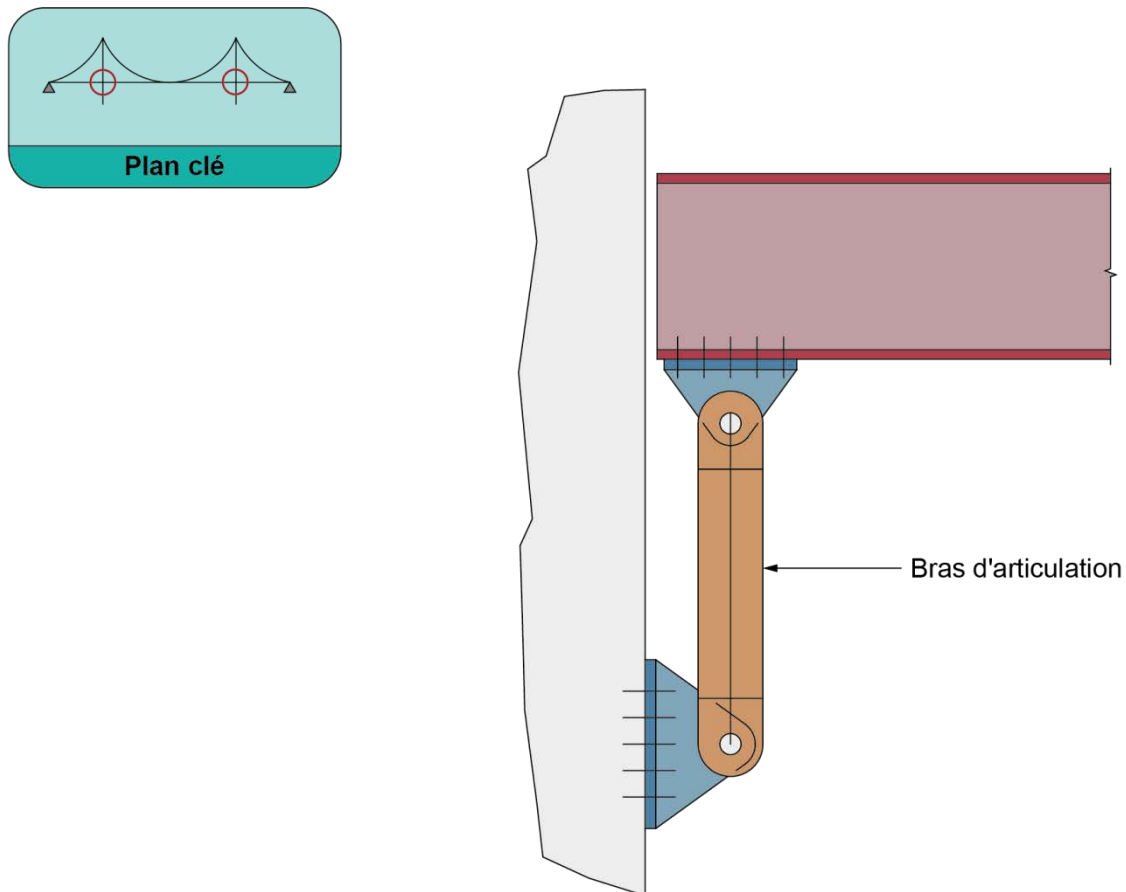


Figure 7.8-6 Bras d'articulation

7.8.7 Les butoirs

Les butoirs limitent les déplacements latéraux du tablier au niveau des pylônes et des unités de fondation. Ces butoirs permettent les déplacements longitudinaux, mais peuvent les contenir à des niveaux raisonnables et confortables (figure 7.8-7).

Le butoir est un élément particulièrement sensible aux efforts sismiques. Ils peuvent subir des déformations, de la fissuration, de la corrosion et des blocages par l'accumulation de débris. L'inspection doit déceler tout désordre pouvant engendrer des chocs ou des contraintes excessives à la structure supportant les butoirs ainsi qu'aux poutres principales du tablier.

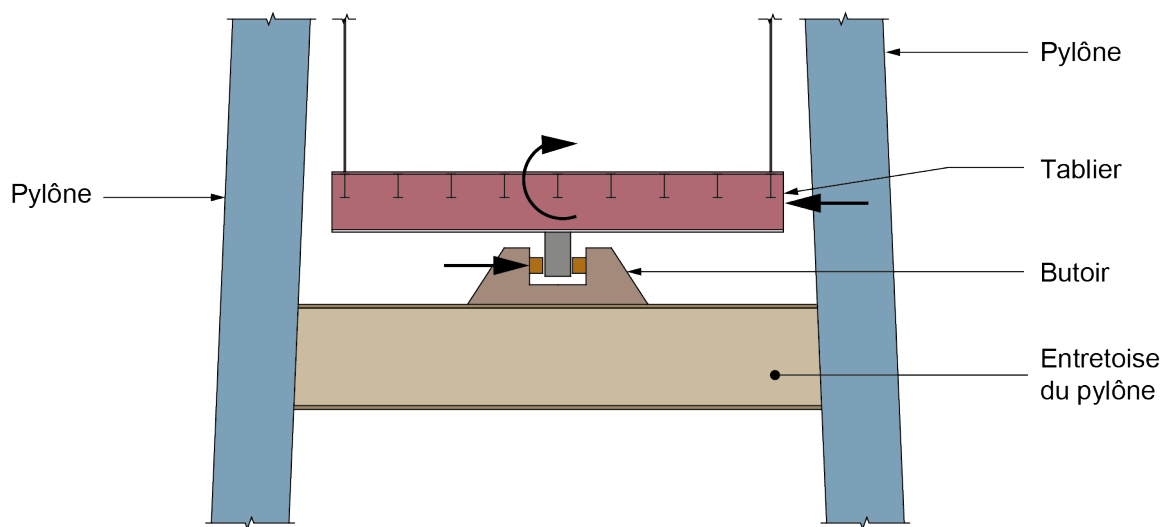


Figure 7.8-7 Butoir

7.8.8 Les stabilisateurs latéraux

Bien que rares, les stabilisateurs latéraux sont des dispositifs extérieurs de la structure retenant le tablier et limitant les déplacements latéraux. Ces stabilisateurs sont généralement des câbles tendus d'une rive à l'autre, attachés au tablier du pont par différents dispositifs et ancrés aux extrémités à des massifs en béton.

Les défauts des stabilisateurs latéraux sont semblables à ceux du câble porteur décrits à la section 7.8.3.

7.9 LE PONT À HAUBANS

Un pont haubané est caractérisé par un tablier supporté par des câbles porteurs à haute résistance, eux-mêmes fixés à des pylônes. La disposition des haubans peut se présenter sous forme d'éventail, de harpe ou une combinaison des deux.

Dans la présente section, les éléments présentés dans le tableau 7.1-1 qui font partie du groupe « Pont à Haubans » sont traités.

Le principe d'un pont haubané peut être schématisé de la façon suivante :

- le tablier assure la répartition des charges;
- les haubans sont rectilignes et assurent la fonction porteuse;

- les efforts dans les haubans sont décomposés en des réactions verticales et horizontales reprises par les pylônes et par les poutres principales du tablier.

Le système structural du tablier (longerons, entretoises et poutres) se présente sous différentes formes et différents matériaux. L'information nécessaire à l'inspection de ces éléments se trouve aux sections 7.2, 7.3, 7.4 et 7.6.

Les pylônes et les culées, ainsi que leurs fondations, doivent être évalués selon les critères du chapitre 6 « Unités de fondation ».

Il reste donc les éléments spécifiques du pont à haubans suivants :

- les haubans;
- les selles d'inflexion;
- les joints d'étanchéité des haubans à l'entrée des zones d'ancrage;
- l'ancrage des haubans;
- les bras d'articulation;
- les butoirs (saisis dans les groupes « Culées » ou « Piles » au chapitre 6).

7.9.1 Les haubans

Les haubans sont composés de torons en acier à haute résistance et plus rarement de fils parallèles. Au Québec, les haubans sont en général galvanisés. Ils sont protégés par différents systèmes, tels des gaines, de l'époxy ou d'autres produits d'étanchéité.

Le principal défaut relié aux haubans est la corrosion. Les zones les plus propices sont les parties éclaboussées par les véhicules circulant sur le tablier. Une attention particulière doit être portée à l'étanchéité des haubans lors des inspections. Cela est d'autant plus critique si les torons sont constitués de fils non galvanisés.

Les fils des torons étant à un niveau de tension élevé, ceux-ci sont sensibles à la rupture, dès l'apparition d'une piqûre de corrosion. Ce type de corrosion est appelé « corrosion sous tension ».

7.9.2 Les selles d'inflexion

Certains ponts à haubans possèdent des selles d'inflexion. Les principaux défauts influençant le comportement des selles d'inflexion sont les mêmes que pour les ponts suspendus. Les défauts des selles d'inflexion sont décrits à la section 7.8.4.

7.9.3 Les joints d'étanchéité des haubans à l'entrée de la zone d'ancrage

Les joints d'étanchéité se trouvent aux zones d'ancrage des haubans (figure 7.9-1). Comme pour tout joint d'étanchéité, les principaux défauts sont la dégradation du joint, la déformation, la fissuration, l'arrachement, l'usure, la perte d'élasticité. En cas de perte d'étanchéité, les eaux de pluie et de ruissellement peuvent atteindre les ancrages et les corroder.

7.9.4 L'ancrage des haubans

L'ancrage au tablier

Les haubans sont attachés à la structure du tablier par des sabots d'attache (figure 7.9-1). Les principaux défauts des sabots sont la corrosion et la fissuration de l'acier. En effet, certains ponts à haubans n'ont pas de système permettant un bon drainage des eaux de ruissellement provenant des haubans et du tablier, favorisant ainsi un milieu humide. La partie inférieure des haubans est particulièrement susceptible de subir de tels dommages.

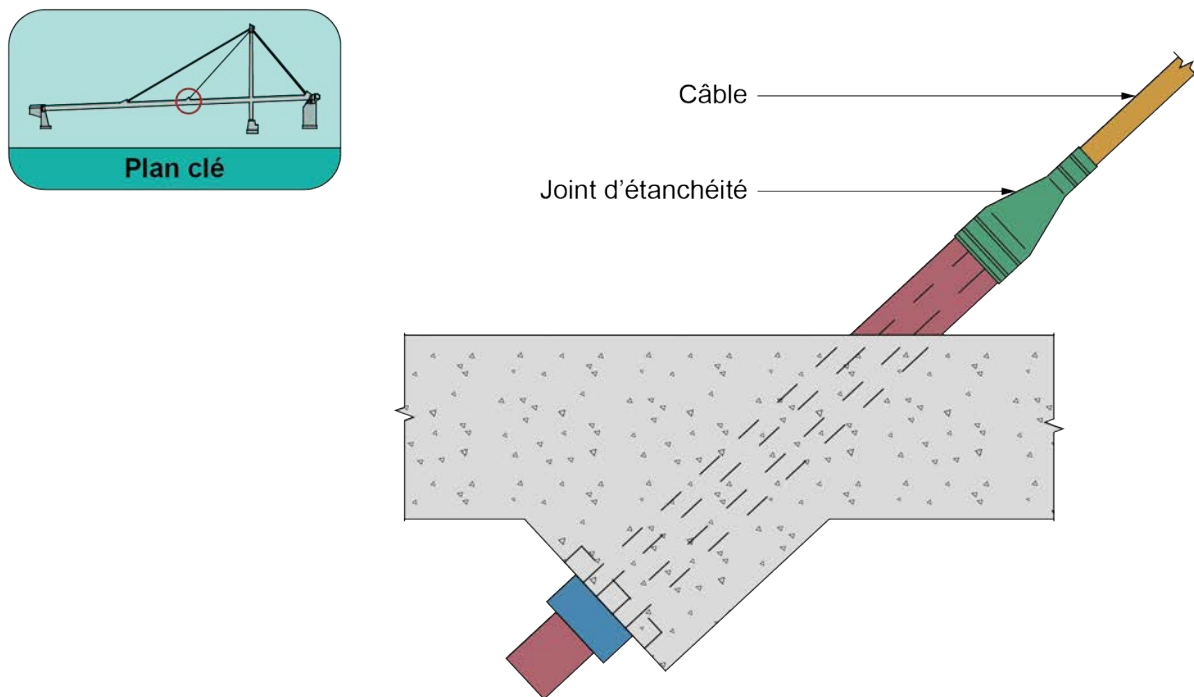


Figure 7.9-1 Sabot d'attache des haubans au tablier

L'ancrage aux pylônes

Le concept le plus répandu pour les ponts à haubans intègre des attaches aux pylônes. Plus rarement, les haubans passent à travers le haut des pylônes sur des selles d'inflexion pour aller se rattacher à l'autre extrémité du tablier. Ces ponts n'ont pas de sabots d'attache des torons aux pylônes.

Les principaux défauts influençant le comportement des sabots d'attache sont la corrosion, la fissuration, la déformation, le relâchement. Il y a également la déformation des plaques d'assise des ancrages, la fissuration des assemblages soudés et les défauts de géométrie des assemblages pouvant induire des concentrations de contrainte permettant le développement de fissures sous l'action de la fatigue.

7.9.5 Le bras d'articulation

Les bras d'articulation également appelés bielles sont des dispositifs retenant le tablier aux extrémités des poutres principales du tablier. À ces endroits, le bras d'articulation permet les mouvements longitudinaux du tablier tout en éliminant les mouvements verticaux. Le bras d'articulation possède une rotule à chaque extrémité permettant ainsi des déplacements horizontaux (figure 7.9-2).

Ces éléments constituent des pièces importantes sujettes à la fissuration et à la corrosion. Les rotules sont sensibles à l'accumulation de débris causant leur blocage. Une attention particulière doit être portée aux joints soudés. En effet, une conception déficiente peut générer des concentrations de contraintes, amenant la rupture de la pièce par la fatigue.

Contrairement au cas des ponts suspendus, la rupture de ces éléments peut entraîner la ruine de l'ouvrage.

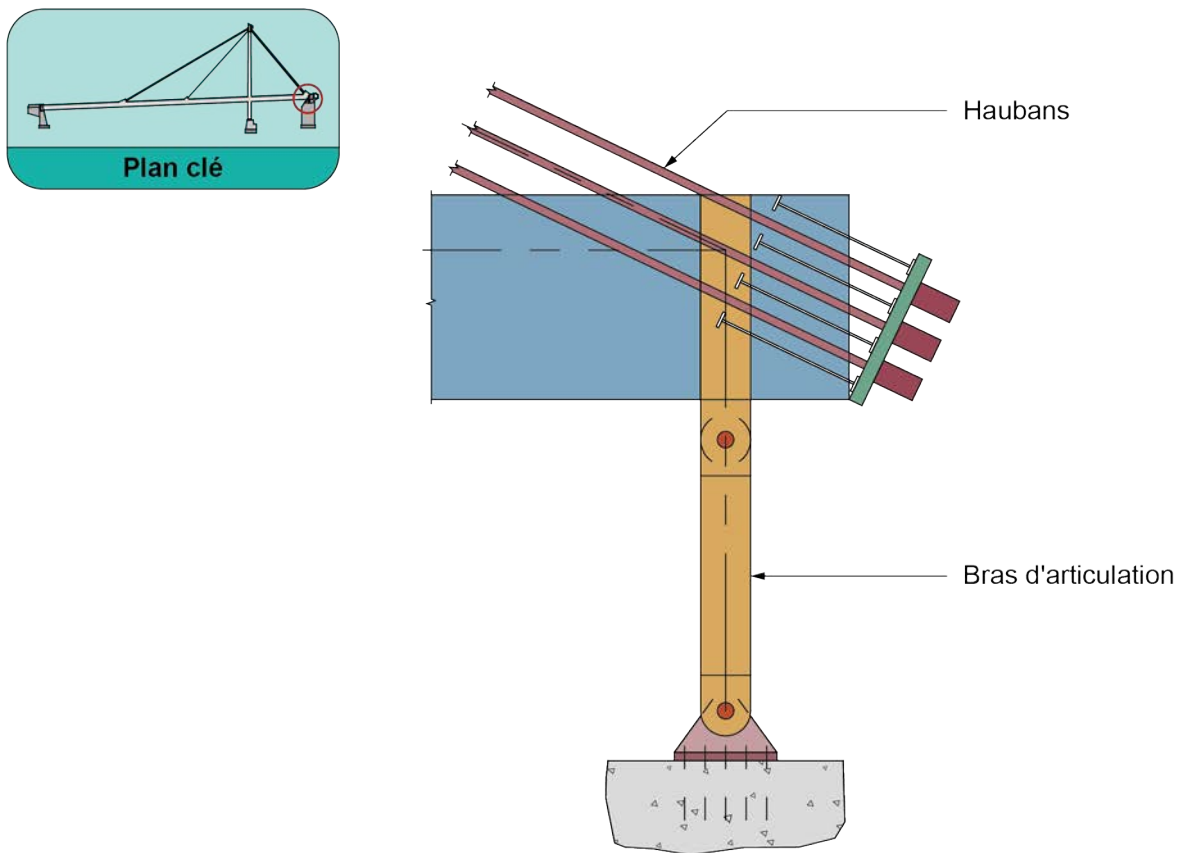


Figure 7.9-2 Bras d'articulation

7.9.6 Les butoirs

Comme dans le cas des ponts suspendus, les butoirs servent à limiter les déplacements entre le tablier et les unités de fondation (pylônes et culées). Les déplacements longitudinaux sont moins importants que pour les ponts suspendus car ces déplacements sont repris partiellement par les haubans (figure 7.8-7).

Les principaux défauts influençant le comportement des butoirs sont les mêmes que pour les ponts suspendus. Ils sont décrits à la section 7.8.7.

7.10 LE PONT COUVERT

Les ponts couverts sont généralement des ponts à poutres triangulées en bois recouvertes de lambris et d'une toiture afin de les protéger des intempéries.

Dans la présente section, les éléments présentés dans le tableau 7.1-1 qui font partie du groupe « Pont couvert » sont traités. La poutre triangulée, les longerons, les entretoises et les contreventements sont traités aux sections 7.4, 7.6 et 7.7 du présent chapitre.

7.10.1 Les tirants

Les tirants sont des tiges d'acier servant principalement à supporter le tablier (entretoises, longerons et platelage). Les défauts des tirants sont les mêmes que ceux des éléments tendus en acier.

7.10.2 Le lambris

Le lambris est constitué de planches de bois et il recouvre les poutres triangulées pour les protéger contre les intempéries. Les défauts sont les mêmes que ceux des éléments en bois. La quincaillerie de fixation du lambris est évaluée à même le lambris.

7.10.3 La toiture

La toiture d'un pont couvert est en général composée d'un revêtement en tôle ou en bardeaux de cèdre, supporté par des chevrons. L'ensemble est appuyé sur les cordes supérieures des poutres triangulées. Les défauts qui l'affectent sont les défauts des différents matériaux, c'est-à-dire le bois et l'acier.

7.11 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU

L'évaluation de l'état du matériau doit être réalisée pour tous les éléments qui ont été présentés dans ce chapitre. Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les tableaux de défauts des matériaux courants présentés au chapitre 4.

L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts des matériaux observés.

L'inspecteur doit déterminer le pourcentage de l'élément qui correspond à chacun des quatre états (A, B, C, D).

De plus, les éléments ou les endroits suivants doivent être inspectés avec une attention particulière :

- les éléments situés sous un joint de tablier, car ils sont susceptibles d'être exposés à l'infiltration et au ruissellement;
- les éléments susceptibles d'accumuler du sel de déglacage ou des débris, en particulier les poutres de rive, les membrures inférieures des poutres triangulées et des arcs, les assemblages, etc.;

- les éléments situés jusqu'à 3 m au-dessus de la surface de roulement et pouvant être exposés aux éclaboussements d'eau et de sel de déglacage;
- les éléments avoisinant les drains et pouvant être affectés par leur mauvais fonctionnement;
- les éléments susceptibles d'être heurtés par les véhicules, en particulier les poutres de rive des ponts d'étagement, les portiques d'extrémités et les contreventements transversaux des poutres triangulées;
- les endroits où les oiseaux peuvent construire leur nid : à l'intérieur des caissons, dans les assemblages des poutres triangulées et des arcs, à la semelle inférieure des poutres, des entretoises ou des longerons;
- l'intérieur des poutres-caissons, particulièrement sur une distance d'au moins 5 m d'un joint de tablier et où il peut y avoir infiltration d'eau, comme aux assemblages des diaphragmes.

7.12 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

7.12.1 Général

Pour évaluer le comportement d'un élément, l'inspecteur doit juger de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure.

Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les critères généraux présentés au tableau 3.4-1

ou évaluer l'importance des défauts observés en utilisant

les critères spécifiques établis pour les éléments des systèmes structuraux présentés au tableau 7.12-1.

Les cotes de comportement qui ne peuvent pas être déterminées à partir des critères mentionnés ci-dessus doivent être évaluées selon le jugement de l'inspecteur. L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts de comportement observés.

Les éléments en béton situés au-dessus des voies de circulation routière, ferroviaire ou piétonnière doivent être inspectés minutieusement de manière à détecter les risques de chute de fragments de béton sur les usagers. Lorsqu'une telle situation se présente, une opération de sécurisation et un suivi doivent être réalisés comme décrit à la section 3.9 du chapitre 3 « Évaluation de l'état des éléments d'une structure ».

Le niveau d'importance de l'élément, à savoir s'il s'agit d'un élément principal ou secondaire, doit être pris en compte lors de l'évaluation de la cote de comportement (cote CEC).

7.12.2 Évaluation des éléments

L'évaluation du comportement des éléments consiste donc à :

- déterminer l'incidence des défauts observés sur la capacité de l'élément à jouer son rôle;
- déterminer l'importance de la fissuration structurale de l'élément;
- évaluer l'incidence des déformations permanentes sur la capacité de l'élément à supporter ou résister aux charges;
- déterminer l'importance de la flèche ou de la vibration de l'élément sous les charges vives.

Les défauts suivants peuvent affecter directement la capacité de l'élément :

- la diminution de section due à la corrosion des éléments en acier;
- la diminution de section due à la corrosion des barres d'armature dans les éléments en béton armé;
- la diminution de section due à la corrosion de l'armature de précontrainte dans les éléments en béton précontraint;
- le glissement de l'armature de précontrainte dans les éléments en béton précontraint;
- le relâchement des assemblages dans les éléments en acier;
- les déformations permanentes dans les éléments en acier, plus spécialement dans les éléments ou parties d'éléments en compression (flambement, voilement, écrasement) ou au niveau des plaques gousset des assemblages des poutres triangulées et des arcs;
- les altérations physiques dans les éléments en bois (fêlure, rupture, écrasement).

La fissuration structurale de l'élément donne un indice de son comportement par le type et l'ouverture des fissures en présence. L'inspecteur doit porter une attention particulière aux fissures suivantes :

- les fissures transversales et longitudinales dans les arcs en béton;
- les fissures dans les éléments en acier;
- les fissures de flexion, de cisaillement ou de flexion-cisaillement dans les éléments en béton armé ou en béton précontraint.

Dans le cas des poutres et des diaphragmes en béton armé ou en béton précontraint, l'avis technique sur la fissuration du béton, décrit à la section 3.8 du chapitre 3 « Évaluation de l'état des éléments d'une structure », doit être réalisé lorsque les cotes de comportement attribuées à partir du tableau 7.12-1 sont égales à 3 ou 1.

Pour ce qui est de la flèche ou de la vibration de l'élément sous les charges vives, l'évaluation de l'importance de la flèche ou de la vibration de l'élément est laissée au jugement de l'inspecteur.

Tableau 7.12-1 Critères spécifiques – Comportement – Systèmes structuraux

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Défaut de matériau ou modification à un élément principal pouvant réduire sa capacité à supporter les charges	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 20 %)	de façon importante (de 20 à 30 %)	de façon très importante (plus de 30 %)
2 - Défaut de matériau ou modification à un élément secondaire pouvant réduire sa capacité à assumer son rôle	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 30 %)	de façon importante (de 30 à 50 %)	de façon très importante (plus de 50 %)
3 - Assemblage relâché, défectueux ou corrodé d'un élément en acier ou en aluminium pouvant réduire sa capacité à transférer les charges	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 20 %)	de façon importante (de 20 à 30 %)	de façon très importante (plus de 30 %)
4 - Absence/manque de boulons ou de rivets pour un assemblage d'un élément principal				présence
5 - Fissure dans un élément en acier ou en aluminium				présence ⁽¹⁾
6 - Flambement ou voilement ou autre déformation dans une zone en compression ou déversement observé sur un élément en acier				présence
7 - Voilement ou autre déformation observé sur une plaque gousset de l'élément « Assemblages »				présence ⁽²⁾
8 - Flèche ou vibration d'un élément lors du passage d'un camion lourd sur la structure	aucune à légère	appréciable	importante	très importante
9 - Fêlure ou écrasement observé sur un élément principal ou secondaire en bois affectant sa capacité à supporter les charges	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
10- Rupture observée sur un élément principal en bois				présence
11- Rupture observée sur un élément secondaire en bois affectant sa capacité à supporter les charges	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante

Tableau 7.12-1 Critères spécifiques – Comportement – Systèmes structuraux (suite)

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
12 - Pièce mal assujettie affectant la capacité d'un élément	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
13 - Contreventements ou diaphragmes mal positionnés par rapport à la semelle comprimée des poutres en acier			présence	
14 - Absence de contreventements entre les poutres d'un pont acier-bois				présence ⁽²⁾
15 - Fissuration dans le béton⁽³⁾				
Fissure de flexion ou de cisaillement dans une poutre en béton précontraint dont l'ouverture est	< 0,3 mm	de 0,3 à 0,5 mm ⁽⁴⁾		> 0,5 mm ⁽⁴⁾
Fissure de flexion dans une poutre en béton armé dont l'ouverture est	< 0,8 mm	de 0,8 à 3,0 mm ⁽⁴⁾		> 3,0 mm ⁽⁴⁾
Fissure le long de câbles de précontrainte insérés dans des gaines remontant dans l'âme d'une poutre en béton précontraint par postension	Aucune	Présence sans traces de rouille et sans délaminage du béton ⁽⁴⁾	Présence avec traces de rouille mais sans délaminage ⁽⁴⁾	Présence avec délaminage ou éclatement du béton ^{(4) (2)}
Fissure de cisaillement dans une poutre en béton armé dont l'ouverture est	< 0,8 mm	de 0,8 à 1,5 mm ⁽⁴⁾		> 1,5 mm ⁽⁴⁾
Fissure de flexion ou de cisaillement dans un élément secondaire (diaphragme) en béton dont l'ouverture est	< 1,5 mm	≥ 1,5 mm ⁽⁴⁾		
1. L'ingénieur responsable doit être immédiatement avisé si une fissure est observée dans un élément principal en acier ou en aluminium (poutre, entretoise, longeron, arc, etc.).				
2. L'ingénieur responsable doit être immédiatement avisé si un tel défaut est observé.				
3. Pour des fissures autres que celles de flexion ou de cisaillement, comme les fissures le long des câbles de précontrainte (sauf celles mentionnées au point 15), les fissures longitudinales sur les semelles, les fissures d'extrémité et les fissures dans les zones de continuité sur appuis, il faut utiliser les critères 1 ou 2 du présent tableau.				
4. La cote est obligatoirement associée à une demande d'avis technique de fissuration.				

7.13 EXEMPLES

7.13.1 Les poutres en béton armé

Exemple 1

Élément :
Poutre en béton
armé



Défauts observés :

- Fissure de cisaillement de 1 mm à l'appui (surface équivalente de 1 % par rapport à la surface totale);
- Délaminage sur 20 % (non visible sur la photo);
- Le reste de l'élément est en bon état.

Matériau : A = 79 %, B = 0 %, C = 21 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Avis technique de fissuration requis

Exemple 2

Élément :
Poutre en béton armé



Défauts observés :

- Délaminage sur toute la longueur de la poutre avec traces de rouille (portion délaminée correspondant à 20 % de la surface totale);
- Désagrégation moyenne sur 10 % de la surface (non visible);
- Réduction minimale de la capacité à supporter les charges.

Matériau : A = 70 %, B = 10%, C = 20 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 4

Exemple 3

Élément :
Poutre en béton armé



Défauts observés :

- Éclatement du béton en dessous de la poutre sur toute sa longueur, représentant 25 % de la surface et, dans la même zone, corrosion très importante des armatures avec perte de section supérieure à 30 % sur 5 % de la surface;
- Taches de rouille présentes sur environ 10% de la surface et efflorescence;
- Défauts pouvant réduire de l'ordre de 20 % la capacité de la poutre à supporter les charges.

Matériau : A = 65 %, B = 10%, C = 20 %, D = 5 %

Comportement (CEC) : 2

7.13.2 Les poutres en béton précontraint

Exemple 4

Élément :
Poutre en béton
précontraint



Défauts observés :

- Fissure de 2 mm suivant le profil des câbles (surface équivalente de 1 %) ;
- Trace de rouille sur 5 % de la surface.

Matériau : A = 94 %, B = 5 %, C = 1 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 4

7.13.3 Les poutres en acier

Exemple 5

Élément :
Poutre en acier



Défauts observés :

- Corrosion très importante avec perforation de l'âme et perte de section supérieure à 30 % sur 10 % de la surface de la poutre;
- Corrosion avec diminution de section de l'acier de 10 à 30 % sur 40 % de la surface totale;
- Corrosion avec diminution de section inférieure à 10 % sur 50 % de la surface.

Matériau : A = 0 %, B = 50 %, C = 40 %, D = 10 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 6

Élément :
Poutre en acier



Défauts observés :

- Corrosion importante localisée correspondant à 5 % de la surface;
- Corrosion moyenne sur 20 % de la surface.
- Défauts pouvant réduire de façon appréciable la capacité de la poutre à supporter les charges.

Matériau : A = 75 %, B = 20 %, C = 5 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 7

Élément :
Poutre en acier



Défauts observés :

- Fissure dans la soudure reliant les poutres à une extrémité, la plaque d'assemblage et l'âme (surface équivalente de 1 % par rapport à la surface totale);
- Corrosion légère ou bon état sur le reste de la surface.

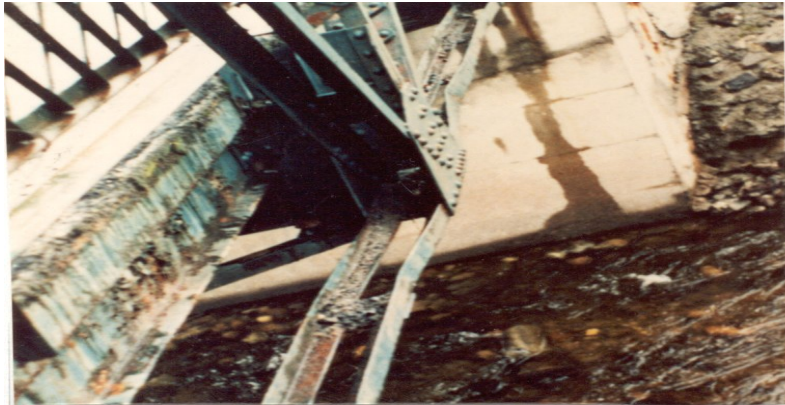
Matériau : A = 99 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 1 %

Comportement (CEC) : 1

7.13.4 Les poutres triangulées

Exemple 8

Élément :
Corde inférieure d'une
poutre triangulée



Défauts observés :

- Corrosion moyenne sur 40 % de la surface;
- Corrosion légère sous le feuil de peinture sur 40 % de la surface totale;
- Déformation permanente d'un élément tendu en acier produite par l'action de la poussée des glaces.

Matériau : A = 60 %, B = 40 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 9

Élément :
Montants d'une poutre
triangulée



Défauts observés :

- Fissure localisée sur un montant (surface équivalente de 1 % par rapport à l'ensemble des montants);
- Corrosion moyenne sur 25 % de la surface totale des montants;
- Corrosion légère ou bon état sur le reste des surfaces;
- Flambement des cornières d'un montant travaillant en compression.

Matériau : A = 74 %, B = 25 %, C = 0 %, D = 1 %

Comportement (CEC) : 1
Aviser l'ingénieur responsable

Exemple 10

Élément :
Assemblages d'une
poutre triangulée



Défauts observés :

- Corrosion très importante avec perforation sur 25 % des assemblages de la poutre;
- Corrosion moyenne sur 15 % des assemblages;
- Défauts pouvant réduire de plus de 30 % la capacité des assemblages.

Matériau : A = 60 %, B = 15 %, C = 0 %, D = 25 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 11

Élément :
Assemblages d'une poutre
triangulée

Source de la photo :
« Accident Report, Collapse
of I-35 W Highway Bridge,
Minneapolis, Minnesota,
August 1, 2007 »



Défauts observés :

- Voilement local de la plaque gousset au niveau de cet assemblage;
- Aucun autre défaut sur les autres assemblages.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 1
Aviser l'ingénieur responsable

Exemple 12

Élément :
Diagonales d'une
poutre triangulée



Défauts observés :

- Corrosion importante localisée sur 5 % des surfaces;
- Corrosion moyenne affectant 20 % de la surface totale;
- Défauts entraînant une perte de capacité de moins de 10 %;
- Toutes les diagonales de la poutre sont dans le même état.

Matériau : A = 75 %, B = 20 %, C = 5 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 4

7.13.5 Les ponts en arc

Exemple 13

Élément :
Voûte en béton armé



Défauts observés :

- Désagrégation importante (profondeur de 50 à 100 mm) avec corrosion importante de l'armature apparente sur 15 % de la surface;
- Délaminage sur 10 % de la surface de la voûte;
- Défauts réduisant de moins de 10 % la capacité de l'élément à supporter les charges.

Matériau : A = 75 %, B = 0%, C = 25 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 4

7.13.6 Contreventements et diaphragmes

Exemple 14

Élément :
Contreventements
inférieurs d'une
structure à poutres
triangulées



Défauts observés :

- Corrosion très importante avec perforation sur 20 % du contreventement;
- Corrosion importante avec lamelles sur 40 % du contreventement;
- Corrosion moyenne sur 40 % du contreventement;
- Tous les contreventements sont dans le même état du point de vue de la corrosion;
- Voilement local d'une membrure qui peut être sollicitée en compression.

Matériau : A = 0 %, B = 40 %, C = 40 %, D = 20 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 15

Élément :
Contreventements
inférieurs des poutres
triangulées



Défaut observé :

- Corrosion légère sur plus de 40 % des surfaces ne causant pas de perte de section de l'acier.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 4

Exemple 16

Élément :
Diaphragmes
intermédiaires en
béton armé



Défauts observés :

- Délaminage du dessous du diaphragme sur 20 % de la surface;
- Un seul des quatre diaphragmes intermédiaires de la travée est dans cet état.

Matériau : A = 95 %, B = 0 %, C = 5 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 4

Exemple 17

Élément :
Diaphragmes
intermédiaires en acier



Défauts observés :

- Aucun défaut de matériau observé;
- Position des diaphragmes n'assurant pas une retenue latérale adéquate de la semelle en compression des poutres principales et pouvant ainsi réduire de façon importante la capacité des poutres à supporter les charges.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 2

CHAPITRE 8

PLATELAGE

TABLE DES MATIÈRES

8.1	GÉNÉRALITÉS	8-1
8.2	LE PLATELAGE	8-1
8.2.1	La dalle sur poutres	8-1
8.2.2	La dalle épaisse	8-3
8.2.3	Le portique	8-4
8.2.4	Le platelage en bois	8-6
8.2.5	La dalle orthotrope	8-6
8.2.6	Le caillebotis	8-7
8.2.7	Le platelage en béton sur tôle ondulée	8-7
8.2.8	Le système de plaques sandwich (SPS)	8-7
8.2.9	Le platelage pour les passages anti-cervidés	8-8
8.2.10	Le platelage en aluminium	8-8
8.3	LES CÔTÉS EXTÉRIEURS	8-9
8.4	LA SURFACE DE ROULEMENT	8-9
8.4.1	Le revêtement en enrobé	8-10
8.4.2	Le plancher en bois	8-10
8.5	LE SYSTÈME DE DRAINAGE	8-11
8.6	L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU	8-12
8.7	L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT	8-12
8.7.1	Général	8-12
8.7.2	Évaluation du platelage et des côtés extérieurs	8-13
8.7.3	Évaluation de la surface de roulement	8-14
8.7.4	Évaluation du système de drainage	8-14

8.8	EXEMPLES	8-18
8.8.1	Le platelage	8-18
8.8.2	Le côté extérieur	8-22
8.8.3	La surface de roulement	8-23
8.8.4	Le système de drainage	8-25

FIGURES

Figure 8.2-1	Relevé de potentiel d'une dalle	8-2
Figure 8.2-2	Fissuration d'une dalle avec un biais	8-4
Figure 8.2-3	Fissuration d'un portique	8-5

TABLEAUX

Tableau 8.1-1	Éléments du groupe « Platelage »	8-1
Tableau 8.6-1	Critères spécifiques – Matériaux – Platelage et côté extérieur	8-12
Tableau 8.7-1	Critères spécifiques – Comportement – Platelage et côté extérieur	8-16
Tableau 8.7-2	Critères spécifiques – Comportement – Surface de roulement	8-17
Tableau 8.7-3	Critères spécifiques – Comportement – Système de drainage	8-17

8.1 GÉNÉRALITÉS

Les éléments qui font partie du groupe « Platelage » sont traités dans le présent chapitre. Il s'agit des éléments présentés dans le tableau 8.1-1.

Tableau 8.1-1 Éléments du groupe « Platelage »

Groupe	Élément	Niveau d'importance ⁽¹⁾	Caractéristiques dimensionnelles ⁽²⁾
Platelage	Platelage	P	Surface
	Côté extérieur	P	Surface
	Surface de roulement	S	Surface
	Système de drainage	S	S. O.

1. P : principal S. : secondaire

2. Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures*

8.2 LE PLATELAGE

Les principaux types de platelage considérés sont :

- la dalle sur poutres;
- la dalle épaisse;
- le platelage en bois;
- la dalle orthotrope;
- le caillebotis;
- le platelage en tôle ondulée avec béton;
- le système de plaques sandwich (SPS);
- le platelage pour les passages anti-cervidés;
- le platelage en aluminium.

Le platelage supporte les charges statiques et dynamiques et les transmet aux poutres ou aux unités de fondation.

8.2.1 La dalle sur poutres

La dalle sur poutres est soumise directement à l'impact des véhicules, aux effets de la température et à l'action des sels de déglacage qui sont à l'origine des défauts du béton et, par conséquent, des défauts de la dalle.

Les solutions contenant des ions chlorure pénètrent dans le béton par les fissures et les interstices de l'enrobé et du béton. Les cycles de gel-dégel et l'action des chlorures provoquent la désagrégation, le délaminage et l'éclatement du béton de même que la corrosion des armatures.

Une mauvaise qualité du matériau, une mise en œuvre incorrecte et des armatures placées trop près de la surface sont d'autres facteurs qui favorisent la détérioration de la dalle.

Pour une dalle recouverte d'enrobé, les défauts du béton peuvent être perçus par le biais de fissures polygonales qui apparaissent à la surface de l'enrobé. La présence d'humidité et de dépôts (efflorescences et stalactites) sous la dalle témoigne de la circulation d'eau à travers le béton et sont des signes évidents de détérioration de la dalle.

Dans le cadre d'une expertise, les défauts du béton de la dalle recouverte d'enrobé peuvent aussi être détectés par :

- l'enlèvement partiel ou complet de l'enrobé;
- le carottage de la dalle;
- un examen fait par relevé de potentiel de corrosion ou géoradar.

L'examen fait à l'aide d'une méthode d'auscultation comme le relevé de potentiel de corrosion donne une indication des dommages potentiels d'une dalle. Un exemple de résultats d'analyse est montré à la figure 8.2-1.

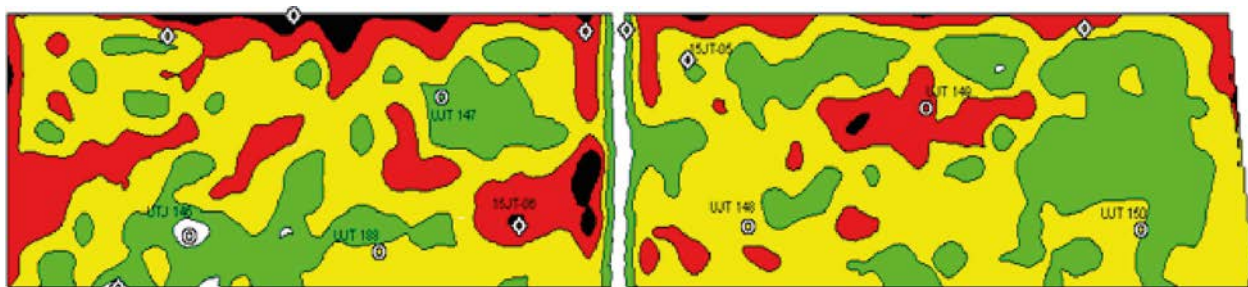


Figure 8.2-1 Relevé de potentiel d'une dalle

Ainsi, pour chaque zone de couleur différente, une probabilité de corrosion est associée.

- Vert : 90 % de probabilité qu'il n'y ait pas de corrosion
- Jaune : probabilité incertaine
- Rouge : 90 % de probabilité qu'il y ait de la corrosion
- Noir : forte probabilité d'avoir de la corrosion très importante et du délaminage

Lorsque la dalle a fait l'objet d'une expertise et que l'inspecteur utilise ces résultats pour évaluer l'état de la dalle, celui-ci doit ajouter une remarque sur les fiches afin d'indiquer qu'il s'agit de dommages potentiels et non de dommages observés visuellement.

8.2.2 La dalle épaisse

La dalle épaisse constitue à la fois le système structural et le platelage de la structure. Elle peut être pleine ou évidée, coulée en place ou préfabriquée, en béton armé ou en béton précontraint.

Les dalles épaisses dont il est question dans cette section sont indépendantes des composantes verticales de support, par opposition aux portiques que nous verrons à la section 8.2.3.

Les évidements dans une dalle épaisse sont souvent des endroits humides où l'eau peut s'infiltrer et s'accumuler dans les parties inférieures et provoquer, par la suite, la corrosion de l'armature. De plus, l'éclatement du béton est souvent constaté dans les dalles coulées en place dont les évidements sont des tubes en carton.

Les évidements des dalles épaisses sont nombreux et très souvent inaccessibles. Ainsi, les défauts ne peuvent être détectés que par l'observation d'eau qui coule par les drains ou qui suinte sous la dalle, ou bien par l'observation de la corrosion des armatures et de l'éclatement du béton.

La dalle épaisse est affectée par les mêmes défauts que ceux de la dalle sur poutres (désagrégation, délaminage, éclatement, corrosion de l'armature, dépôts) et par les défauts suivants :

- les fissures transversales;
- les fissures longitudinales;
- les fissures inclinées;
- les flèches et les vibrations excessives.

Les fissures transversales se développent généralement au centre de la travée dans la partie inférieure de la dalle ou au-dessus des appuis dans la partie supérieure de la dalle lorsque celle-ci est continue au-dessus des appuis. Ces fissures sont structurales et elles indiquent une faiblesse en flexion de la dalle.

Les fissures longitudinales sont généralement causées par du retrait ou par des effets thermiques, surtout dans le cas des dalles de grande largeur. Elles n'ont généralement pas d'origine structurale. Des fissures longitudinales peuvent également apparaître entre les appareils d'appui, en raison du manque d'armature dans cette zone.

Les fissures inclinées, visibles sur les côtés extérieurs, se développent généralement près des appuis et elles sont associées à des efforts de cisaillement.

Dans le cas des dalles épaisses ayant un fort biais, un réseau de fissuration structurale perpendiculaire à la ligne d'appui peut se développer, comme montré sur la figure 8.2-2.

À moins d'un tassement anormal des appuis, la présence d'une flèche permanente est signe d'une insuffisance de la résistance structurale. Une flèche ou une vibration excessive sous l'action des charges vives est également un indice de faiblesse du système structural.

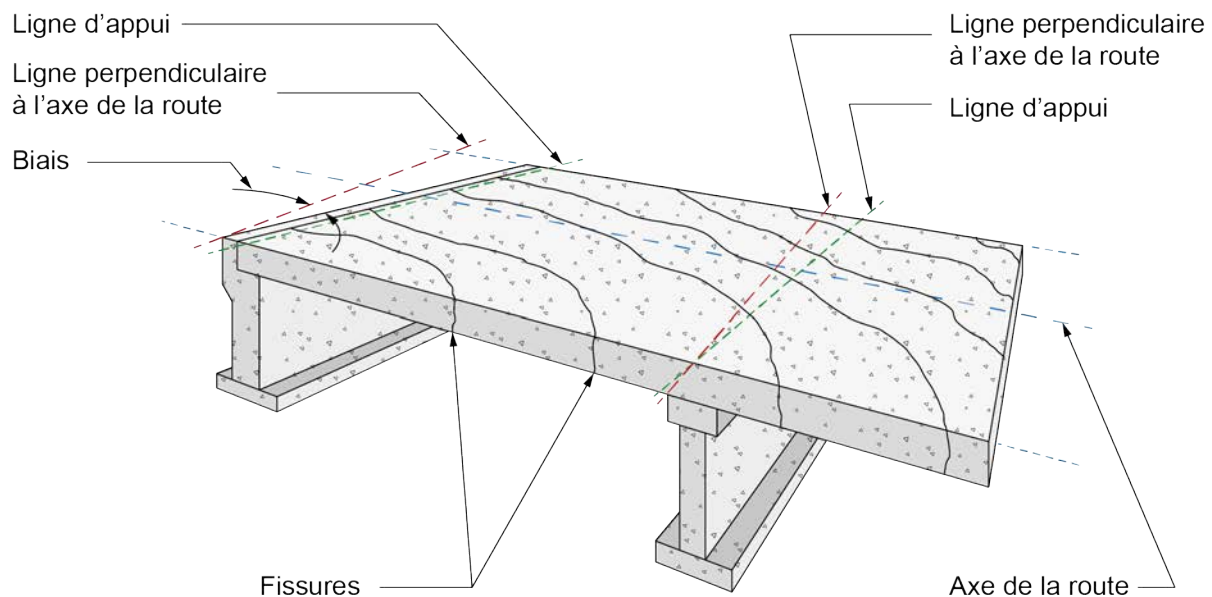


Figure 8.2-2 Fissuration d'une dalle avec un biais

8.2.3 Le portique

Le portique est une structure comportant deux béquilles encastrées dans la dalle épaisse et articulées à la base. Les béquilles sont soumises aux poussées latérales des terres.

Le tablier du portique est inspecté comme une dalle épaisse. Étant donné le lien entre la dalle et les béquilles, les défauts pouvant affecter l'ensemble du portique sont décrits dans le présent chapitre. Cependant, l'inspection et l'évaluation des béquilles (matériau et comportement) doivent être réalisées en utilisant les tableaux présentés au chapitre 6 « Unités de fondation ».

Les défauts qui peuvent être observés dans le portique ont essentiellement pour origine le tassement différentiel du sol de fondation, le retrait du béton entre des parties d'ouvrages bétonnées à des périodes différentes ou l'insuffisance structurale des composantes du portique.

Les principaux défauts d'importance des portiques sont les suivants :

- les fissures transversales et horizontales;
- les fissures longitudinales et verticales;
- les fissures inclinées.

La figure 8.2-3 montre la fissuration d'un portique.

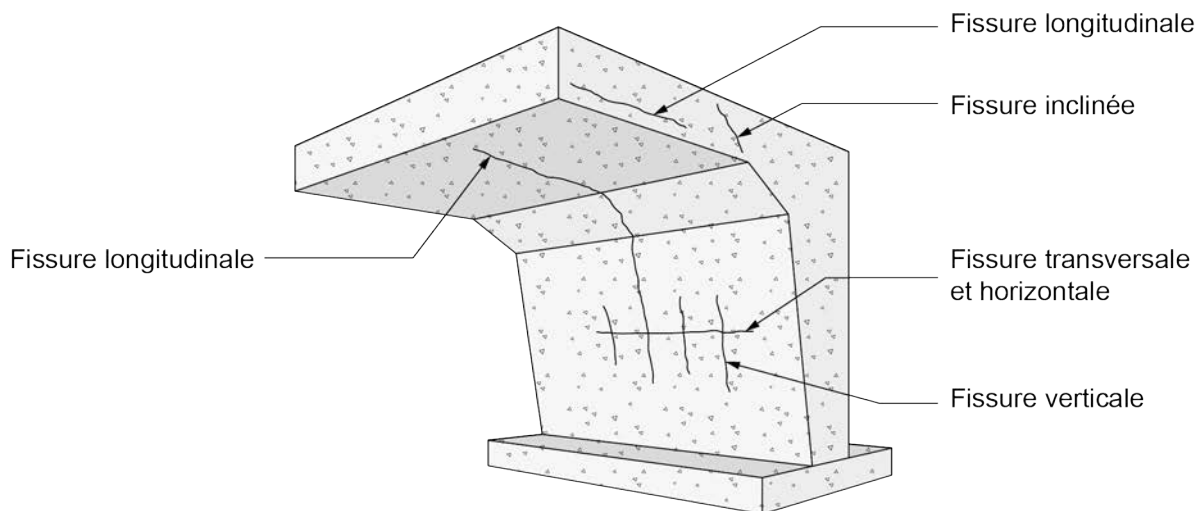


Figure 8.2-3 Fissuration d'un portique

Les fissures transversales et horizontales peuvent se développer en dessous de la dalle au centre de la portée ou sur le dessus de la dalle, à la jonction de cette dernière et des béquilles. Elles peuvent également être présentes dans les béquilles, généralement à la mi-hauteur. Ces fissures sont causées par des efforts de flexion; ce sont donc des fissures structurales.

Les fissures longitudinales en dessous de la dalle et les fissures verticales sont généralement causées par le retrait du béton ou par les effets du gradient thermique, surtout pour les portiques de grande largeur. Les fissures verticales se développent essentiellement dans les béquilles. Dans certains cas, elles se prolongent dans les goussets et deviennent des fissures longitudinales dans la dalle.

Les fissures longitudinales et horizontales sur les côtés extérieurs des portiques peuvent être causées par le retrait du béton ou par les effets du gradient thermique ou la réaction alcali-granulat (RAG).

De plus, dans le cas des portiques avec fort biais, des fissures présentant le patron montré sur la figure 8.2-2 peuvent également être observées.

Les fissures inclinées, visibles sur les côtés extérieurs, se développent généralement près des appuis et elles sont associées à des efforts de cisaillement.

8.2.4 Le platelage en bois

On trouve des platelages en bois principalement sur des ponts acier-bois et des ponts couverts ainsi que sur certains ponts à poutres triangulées en acier et quelques ponts à poutres en bois.

Le platelage en bois est généralement constitué de traverses de bois supportant un plancher de madriers. Cependant, pour des fins d'inspection, on considère que les traverses sont évaluées dans l'élément « Platelage » tandis que les madriers de plancher sont évalués au niveau de l'élément « Surface de roulement ».

Les défauts du platelage en bois sont souvent reliés à ceux du bois lui-même. Les plus courants sont la pourriture, le trou d'insecte et les altérations physiques causées par les charges comme la fêlure, l'écrasement et la rupture.

La pourriture du bois peut se développer plus facilement aux surfaces de contact des pièces entre elles ou lorsque l'humidité demeure emprisonnée.

Les défauts de matériaux importants qui affectent une partie significative du platelage affectent aussi sa capacité de pouvoir supporter les charges et les transmettre aux autres éléments principaux de la structure.

8.2.5 La dalle orthotrope

La dalle orthotrope est un platelage en acier préfabriqué constitué essentiellement de plaques raidies par des raidisseurs longitudinaux et transversaux. Ce type de platelage est surtout utilisé pour réduire la charge permanente imposée à la structure.

Les défauts de la dalle orthotrope sont reliés aux défauts de l'acier, à sa flexibilité et à la grande quantité de joints requis pour sa fabrication. Sa flexibilité peut entraîner la fatigue et des fissures dans les soudures des assemblages les plus sollicités. Des joints boulonnés non étanches peuvent entraîner des problèmes de corrosion pour la dalle elle-même, pour les poutres principales ou pour le hourdis inférieur des caissons constituant le tablier de la structure.

8.2.6 Le caillebotis

Le caillebotis est un grillage en acier et il est utilisé comme platelage afin de réduire la charge permanente sur la structure. Parfois, le grillage est rempli de béton.

Lorsque le caillebotis n'est pas rempli de béton, le sable, l'eau ainsi que les sels de déglacage peuvent facilement atteindre les parties horizontales du tablier sous-jacent, plus spécialement près des extrémités du pont, provoquant ainsi la corrosion de ces éléments. Les soudures qui relient les traverses aux longerons et au grillage ont tendance à se fissurer, surtout lorsque la structure du tablier est plutôt flexible et qu'elle est sollicitée par des charges lourdes.

Pour ce qui est du béton qui remplit à l'occasion le grillage métallique, celui-ci peut se désagréger sous l'action des cycles de gel-dégel et des sels de déglacage.

8.2.7 Le platelage en béton sur tôle ondulée

Le platelage en tôle ondulée est constitué d'une tôle ondulée en acier galvanisé qui supporte une dalle mince en béton (100 mm à 125 mm d'épaisseur). Ce type de platelage est utilisé afin de réduire les charges permanentes sur la structure.

Les défauts du platelage en béton sur tôle ondulée sont les mêmes que ceux qui affectent la dalle sur poutres en béton armé : la désagrégation, le délaminage et l'éclatement du béton.

Par sa faible épaisseur, la dalle se fissure facilement et le faible recouvrement du lit d'armature favorise le développement des défauts du béton. De plus, le milieu humide créé par la tôle à sa surface de contact avec le béton ainsi que l'eau et les sels de déglacage qu'elle peut retenir dans ses cavités provoque la corrosion de la tôle et la désagrégation du béton.

8.2.8 Le système de plaques sandwich (SPS)

Le système de plaques SPS est constitué de deux plaques d'acier séparées par un élastomère rigide qui est collé aux plaques. Ce système est composé de plusieurs sections assemblées au chantier. Ce type de platelage a été utilisé à quelques reprises seulement.

Outre la corrosion des plaques en acier, le principal défaut de ce système est le décollement entre les plaques et l'élastomère dû à l'infiltration d'eau et le relâchement des assemblages boulonnés.

8.2.9 Le platelage pour les passages anti-cervidés

Le platelage pour passage anti-cervidé est composé de tubes en acier reliés entre eux par des plaques. Des plaques en acier disposées longitudinalement au tablier du pont servent de bandes de roulement pour les véhicules. Ce type de platelage offre une surface difficile pour les cervidés à franchir avec leur type de pattes. La photo 8.2-1 présente ce type de platelage.



Photo 8.2-1 Platelage pour passage anti-cervidés

8.2.10 Le platelage en aluminium

Le platelage en aluminium est composé d'extrusions en aluminium disposées longitudinalement ou transversalement à la structure. Les extrusions sont assemblées afin d'assurer l'étanchéité du platelage. La photo 8.2-2 montre ce type de platelage.



Photo 8.2-2 Platelage en aluminium

8.3 LES CÔTÉS EXTÉRIEURS

Les côtés extérieurs du platelage sont inspectés de façon distincte du reste du platelage lorsque ce dernier est en béton et que les côtés extérieurs sont visibles, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas recouverts d'une plaque en acier. Les côtés extérieurs sont inspectés séparément du reste du platelage, car ils sont plus exposés aux intempéries et donc plus souvent susceptibles de se détériorer.

Le rôle du côté extérieur est de supporter les charges permanentes (chasse-roue, trottoir, dispositif de retenue), mais également les charges vives (piétons, cyclistes, machinerie pour le déneigement).

L'évaluation de l'état des côtés extérieurs se fait à partir des défauts de matériaux relatifs au béton ainsi que des critères de comportement s'appliquant au platelage.

8.4 LA SURFACE DE ROULEMENT

La surface de roulement est la surface sur laquelle circulent les véhicules sur la structure.

La surface de roulement peut être :

- un revêtement en enrobé;
- un plancher en bois.

La surface de roulement est utilisée pour protéger le platelage et pour assurer le confort et la sécurité des usagers de la route.

8.4.1 Le revêtement en enrobé

Les défauts de la surface de roulement en enrobé sont reliés aux défauts du matériau lui-même tels que la fissuration et le nid-de-poule ainsi que l'orniérage ou les ondulations. La surface peut parfois être rendue glissante par le polissage des granulats ou le ressuage du bitume à la surface.

L'enrobé dissimule souvent les défauts du platelage sous-jacent jusqu'à ce qu'ils soient très importants. Le développement et l'aggravation de ces défauts sont d'ailleurs favorisés par les défauts de l'enrobé qui permettent à l'eau et aux sels de déglacage de s'infiltrer jusqu'au platelage.

Les dépressions dans la surface de roulement (orniérage ou ondulation) entraînent la formation de flaques d'eau et de plaques de glace en hiver et peuvent affecter la maîtrise d'un véhicule.

Il est à noter que lorsque le platelage est en bois et que ce dernier est recouvert d'une couche d'enrobé, il faut considérer les madriers de plancher et la surface en enrobé au niveau de l'élément « Surface de roulement ».

8.4.2 Le plancher en bois

Les défauts de la surface de roulement en bois sont reliés aux défauts du matériau lui-même tels que la pourriture, l'usure par abrasion, les altérations physiques et le vieillissement.

Le gravier entraîné sur le platelage par les véhicules ou lors d'opérations de nivellement des approches entraîne l'usure du bois par abrasion. L'accumulation de gravier peut également rendre glissante la surface de roulement.

Les madriers mal assujettis qui se relèvent lors du passage des véhicules et les clous qui ressortent à la surface sont des signes d'un plancher pouvant causer des bris aux véhicules.

De plus, un espacement plus grand que 12 mm entre les madriers de bois, disposés parallèlement au sens de la circulation, peut permettre le coincement d'un pneu de bicyclette entre les pièces. Dans ces circonstances, l'installation d'une signalisation obligeant les cyclistes à descendre de leur vélo et à marcher à côté de leur bicyclette lors de la traversée du pont est une mesure de sécurité à mettre en place jusqu'à ce que la situation soit corrigée.

8.5 LE SYSTÈME DE DRAINAGE

Le système de drainage est généralement composé de drains ou de conduites d'évacuation sur le tablier d'un pont, et de puisards ou de rigoles aux approches. La présente section traite de l'inspection du système de drainage du tablier du pont. Le drainage au niveau des approches est traité dans le chapitre 11 « Approches ».

Le rôle du système de drainage est de permettre l'évacuation des eaux de ruissellement à la surface d'une structure, car l'eau qui stagne sur le tablier est souvent à l'origine de la détérioration du tablier et peut provoquer de l'aquaplanage. Les défauts du système de drainage sont donc reliés à leur capacité à bien jouer ce rôle.

Les dépressions dans l'enrobé, les drains obstrués ou placés à des points hauts du tablier ainsi que l'amoncellement de sable et de gravier près des chasse-roues peuvent entraîner la formation de flaques d'eau et de plaques de glace sur la surface de roulement. L'eau évacuée par un drain trop court peut également éclabousser les éléments en béton ou en acier du système structural ou des unités de fondation et provoquer le développement de défauts importants dans ces éléments.

L'obstruction d'une conduite d'évacuation peut être causée par l'accumulation de débris dans un coude trop prononcé ou par la pente trop faible d'un élément du système de drainage. L'eau retenue dans la conduite peut entraîner la corrosion des éléments en acier qui la constituent et même favoriser la rupture de la conduite en condition de gel. L'eau qui fuit d'une conduite d'évacuation peut alors éclabousser les éléments de la structure sous-jacente. Elle peut aussi se répandre à l'intérieur d'un élément creux comme un caisson lorsque la conduite se situe à l'intérieur de celui-ci et causer d'importants dommages.

Il est à noter que s'il n'y a aucun système de drainage sur la structure et que l'inspecteur juge que cette absence devrait être corrigée par une intervention, alors l'inspecteur devrait inscrire l'activité « 3062 - Modification de drains » au niveau de la structure puisqu'il est impossible d'inscrire une activité au niveau d'un élément inexistant.

8.6 L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU

L'évaluation de l'état du matériau doit être réalisée pour le platelage, le côté extérieur et la surface de roulement. Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les tableaux de défauts des matériaux courants présentés au chapitre 4;

et

le critère spécifique d'évaluation de l'état du matériau pour le platelage et le côté extérieur présenté au tableau 8.6-1.

L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui, lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts des matériaux observés.

L'inspecteur doit déterminer le pourcentage de l'élément qui se trouve dans chacun des quatre états (A, B, C, D).

Contrairement au principe général du système d'inspection, seul le comportement du système de drainage est évalué.

Tableau 8.6-1 Critères spécifiques – Matériaux – Platelage et côté extérieur

Défauts de matériaux observés	État			
	A	B	C	D
1 - Relevé de potentiel de corrosion	vert	jaune	rouge + noir ⁽¹⁾	Noir ⁽²⁾
1. Noir : sans confirmation de diminution de section de plus de 30 % de l'armature.				
2. Noir : avec confirmation de diminution de section de plus de 30 % de l'armature (par carottage ou autre essai physique).				

Note : Pour les matériaux courants, se référer aux tableaux 4.8-1 à 4.8-6

8.7 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

8.7.1 Général

Pour évaluer le comportement d'un élément, l'inspecteur doit juger de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure.

Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les critères généraux présentés au tableau 3.4-1;

ou évaluer l'importance des défauts observés en utilisant

les critères spécifiques établis pour les éléments du groupe « Platelage » présentés aux tableaux 8.7-1, 8.7-2 et 8.7-3.

Les cotes de comportement qui ne peuvent pas être déterminées à partir des critères mentionnés ci-dessus doivent être évaluées selon le jugement de l'inspecteur. L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui, lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts de comportement observés.

Les éléments en béton situés au-dessus des voies de circulation routière, ferroviaire ou piétonnière doivent être inspectés minutieusement de manière à détecter les risques de chute de fragments de béton. Lorsqu'une telle situation se présente, une opération de sécurisation et un suivi doivent être réalisés comme décrit à la section 3.9.

Le niveau d'importance de l'élément, à savoir s'il s'agit d'un élément principal ou secondaire, doit être pris en compte lors de l'évaluation de la cote de comportement (cote CEC).

8.7.2 Évaluation du platelage et des côtés extérieurs

Le tableau 8.7-1 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement du platelage et du côté extérieur. Les défauts pouvant affecter directement la capacité de ces éléments et sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- la diminution de section due à la corrosion des barres d'armature dans les éléments en béton armé;
- la diminution de section due à la corrosion de l'armature de précontrainte dans les éléments en béton précontraint;
- la diminution de section due à la corrosion des éléments en acier;
- la flèche ou les vibrations excessives observées lors du passage d'un camion lourd sur la structure;
- les altérations physiques dans les éléments en bois (fêlure, écrasement, rupture);
- les pièces mal assujetties affectant la capacité d'un élément;
- la surface inégale ou glissante lorsque le platelage joue également le rôle de surface de roulement (béton).

La fissuration structurale de l'élément donne un indice de son comportement par le type de fissures et la largeur des fissures en présence. L'inspecteur doit porter une attention particulière aux fissures suivantes :

- les fissures de flexion, de cisaillement ou de flexion-cisaillement dans les dalles épaisses et les portiques en béton armé ou en béton précontraint;
- les fissures dans les éléments en acier.

Dans le cas des dalles épaisses et des portiques en béton armé ou en béton précontraint, l'avis technique sur la fissuration du béton, décrit à la section 3.8 du chapitre 3 « Évaluation de l'état des éléments d'une structure », doit être réalisé lorsque les cotes de comportement attribuées à partir du tableau 8.7-1 sont égales à 3 ou 1.

Pour ce qui est de la flèche (déflexion) ou de la vibration de l'élément lors du passage d'un véhicule lourd sur la structure, l'évaluation de leur importance est laissée au jugement de l'inspecteur.

8.7.3 Évaluation de la surface de roulement

Le tableau 8.7-2 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement de la surface de roulement. Les défauts pouvant affecter directement le comportement de cet élément et sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- les défauts de matériaux de la surface de roulement qui affectent la protection du platelage ou la capacité des madriers de plancher à transmettre les charges aux traverses;
- la surface de roulement inégale ou glissante;
- les pièces de bois cassées ou mal assujetties;
- l'espacement entre les madriers de bois, disposés parallèlement au sens de la circulation, plus grand que 12 mm.

8.7.4 Évaluation du système de drainage

Le tableau 8.7-3 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement du système de drainage. Les défauts pouvant affecter directement le comportement de cet élément et sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- les drains qui ne sont pas disposés aux points les plus bas de la chaussée;
- les drains qui ne sont pas en nombre suffisant ou dont l'ouverture est trop petite;
- les drains ou la conduite d'évacuation partiellement ou complètement obstrués;

- l'accumulation de sable et de débris autour des drains ou les dépressions dans la surface de roulement qui favorisent la formation de flaques d'eau;
- les drains trop courts, endommagés ou mal disposés qui dirigent l'eau vers d'autres éléments de la structure;
- les drains qui s'écoulent directement sur la chaussée inférieure ou sur un remblai qui ne comporte pas d'ouvrage de protection adéquat;
- les défauts de matériaux de la conduite d'évacuation tels les fissures, les trous ou la séparation des joints faisant en sorte que l'eau qui fuit éclabousse les autres éléments de la structure ou s'écoule à l'intérieur d'un caisson;
- la mauvaise fixation des drains ou des supports de la conduite d'évacuation;
- le drain ou le conduit de la cuvette endommagé par la corrosion.

Tableau 8.7-1 Critères spécifiques – Comportement – Platelage et côté extérieur

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Défauts de matériaux affectant la capacité d'un platelage, d'une dalle épaisse ou d'un côté extérieur de dalle à supporter et distribuer les charges	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
2 - Flèche ou vibration d'un platelage lors d'un passage d'un camion lourd sur la structure	aucune à légère	appréciable	importante	très importante
3 - Fêlure ou écrasement ou rupture observé sur une traverse en bois et affectant sa capacité	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
4 - Pièce mal assujettie affectant la capacité d'un élément	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
5 - Défauts de matériaux affectant la planéité de la surface (lorsqu'utilisée directement comme surface de roulement)	légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
6 - Fissuration dans le béton⁽¹⁾				
Fissure de flexion ou de cisaillement dans une dalle épaisse en béton précontraint avec armatures de cisaillement dont l'ouverture est	< 0,3 mm	de 0,3 à 0,5 mm ⁽²⁾		> 0,5 mm ⁽²⁾
Fissure de flexion dans une dalle épaisse en béton armé dont l'ouverture est	< 0,8 mm	de 0,8 à 3,0 mm ⁽²⁾		> 3,0 mm ⁽²⁾
Fissure de cisaillement dans une dalle épaisse en béton armé avec armatures de cisaillement dont l'ouverture est	< 0,8 mm	de 0,8 à 1,5 mm ⁽²⁾		> 1,5 mm ⁽²⁾
Fissure de cisaillement dans une dalle épaisse en béton armé ou en béton précontraint sans armature de cisaillement dont l'ouverture est		≤ 0,3 mm ⁽²⁾⁽³⁾		> 0,3 mm ⁽²⁾
1. Pour des fissures autres que celles de flexion ou de cisaillement, utiliser le critère 1 du présent tableau.				
2. La cote est obligatoirement associée à une demande d'avis technique de fissuration.				
3. La cote est obligatoirement associée à un suivi de fissuration annuel pendant trois ans.				

Tableau 8.7-2 Critères spécifiques – Comportement – Surface de roulement

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Défauts de matériaux de la surface de roulement 1a - affectant la protection du platelage 1b - affectant la capacité des madriers de plancher à transférer les charges aux traverses dans le cas d'une surface de roulement en bois 1c - Affectant la planéité de la surface (ornière, nid de poule, madrier de bois manquant, clous en saillie, etc.)	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 30 %)	de façon importante (de 30 à 50 %)	de façon très importante (plus 50 %)
2 - Espacement entre les pièces de bois d'un plancher longitudinal plus grand que 12 mm (sauf pour les madriers posés à 45 degrés)				présence

Tableau 8.7-3 Critères spécifiques – Comportement – Système de drainage

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Drains non fonctionnels ou drainage insuffisant affectant la canalisation des eaux de ruissellement	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 30 %)	de façon importante (de 30 à 50 %)	de façon très importante (plus de 50 %)
2 - Drains éclaboussant et causant des dommages à des éléments de la structure	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
3 - Composant du système détérioré, mal raccordé ou mal fixé			présence	présence et conduites d'évacuation sectionnées

8.8 EXEMPLES

8.8.1 Le platelage

Exemple 1

Élément :
Dalle sur poutres



Défauts observés :

- Délaminage sur 20 % de la surface;
- Désagrégation moyenne sur 10 % de la surface;
- Désagrégation légère du béton sur environ 20 % de la surface de la dalle;
- Le reste de la surface est en bon état;
- Il n'y a pas de réduction notable de la capacité structurale de la dalle, mais la présence d'un joint froid, de traces d'efflorescence et d'humidité doit être notée.

Matériau : A = 70 %, B = 10 %, C = 20 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 4

Exemple 2

Élément :
Dalle sur poutres



Défauts observés :

- Désagrégation très importante sur 10 % de la surface;
- Fissuration de 1 à 2 mm sur une surface équivalant à 40 %;
- Délaminage et éclatement sur 10 % de la surface;
- Désagrégation moyenne et fissuration de moins de 0,8 mm sur 30 % de la surface. Le reste est en bon état;
- Le platelage risque de défoncer.

Matériau : A = 10 %, B = 30 %, C = 50 %, D = 10 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 3

Élément :
Platelage en bois



Défauts observés :

- Pourriture très importante sur environ 20 % de la surface;
- Pourriture moyenne sur 40 % de la surface et légère sur 40 % de la surface;
- Absence de plaques en L.

Les traverses montrent des signes de faiblesse et les défauts peuvent affecter de façon appréciable la capacité à supporter les charges du platelage.

Matériau : A = 40 %, B = 40 %, C = 0 %, D = 20 % Comportement (CEC) : 3

Exemple 4

Élément :
Platelage en caillebotis



Défauts observés :

- Fissures localisées dans les lamelles d'un caillebotis représentant environ 5 % de la surface du platelage;
- Corrosion moyenne sur environ 25 % de la surface et le reste est en bon état;
- La capacité du caillebotis à supporter les charges est légèrement réduite à quelques endroits.

Matériau : A = 70 %, B = 25 %, C = 0 %, D = 5 %

Comportement (CEC) : 4

Exemple 5

Élément :
Dalle épaisse en béton armé



Défauts observés :

- Corrosion importante de l'armature sur 40 % de la surface et corrosion très importante, avec perte de section de 50 % au centre de la travée, sur environ 10 % de la surface (zone de flexion positive);
- Désagrégation moyenne sur le reste de la surface de la dalle.

Matériau : A = 0 %, B = 50 %, C = 40 %, D = 10 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 6

Élément :
Dalle épaisse d'un
portique en béton armé



Défauts observés :

- Délaminage et éclatement sur 10 % de la surface;
- Désagrégation moyenne sur 25 % de la surface;
- Corrosion des armatures avec perte de section d'environ 15 % sur 20 % de la surface de la dalle réduisant de façon appréciable la capacité à supporter les charges.

Matériau : A = 45 %, B = 25 %, C = 30 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 7

Élément :
Dalle épaisse d'un
portique en béton armé
avec armature de
cisaillement



Défaut observé :

- Fissure de cisaillement d'environ 1 mm à proximité de l'appui (surface correspondante ± 5 %). Tout le reste est en bon état.

Matériau : A = 95 %, B = 0 %, C = 5 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Avis de fissuration requis

8.8.2 Le côté extérieur

Exemple 8

Élément :
Côté extérieur



Défauts observés :

- Corrosion des armatures autour des drains (perte de section d'environ 20 %) sur environ 20 % de la surface;
- Éclatement du béton sur une surface correspondant à 50 % de la surface sur toute la longueur du pont. Le reste est en bon état;
- La capacité du côté extérieur est affectée de façon appréciable.

Matériau : A = 30 %, B = 0 %, C = 70 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 3

Exemple 9

Élément :
Côté extérieur



Défauts observés :

- Délaminage et fissure longitudinale de 2 à 3 mm sur toute la longueur de la travée représentant environ 40 % de la surface. Le reste est en bon état;
- La capacité du côté extérieur est affectée de façon légère.

Matériau : A = 60 %, B = 0 %, C = 40 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 4

8.8.3 La surface de roulement

Exemple 10

Élément :
Surface de roulement



Défauts observés :

- Fissures polygonales de 15 à 30 mm d'ouverture sur 80 % de la surface;
- Défauts affectant de façon importante la protection du platelage.

Matériau : A = 20 %, B = 0 %, C = 80 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 2

Exemple 11

Élément :
Surface de roulement



Défauts observés :

- Fissures importantes (ouverture de 15 à 30 mm) sur environ 20 % de la surface;
- Fissures moyennes (ouverture inférieure à 15 mm) sur environ 40 % de la surface;
- Défauts affectant de façon appréciable la protection du platelage.

Matériau : A = 40 %, B = 40 %, C = 20 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 12

Élément :
Surface de roulement



Défauts observés :

- Usure par abrasion avec diminution de section de 20 à 30 % des madriers sur 75 % de la surface. Le reste est en bon état;
- Les défauts du bois affectent de façon appréciable la planéité de la surface.

Matériau : A = 25 %, B = 0 %, C = 75 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 3

Exemple 13

Élément :
Surface de roulement



Défauts observés :

- Pas de défaut de matériau;
- Présence d'espacements supérieurs à 12 mm entre les madriers.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 1

8.8.4 Le système de drainage

Exemple 14

Élément :
Système de drainage
d'un tablier de pont



Défaut observé

- Les drains éclaboussent les poutres de rive et leur causent des dommages de façon importante.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 2

Exemple 15

Élément :
Système de drainage
d'un tablier de pont



Défaut observé :

- Accumulation de sable et de débris autour et à l'intérieur des drains obstruant plus de 80 % du système de drainage et l'affectant de façon très importante.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 1

Exemple 16

Élément :
Système de drainage
d'un tablier de pont



Défaut observé :

- Conduite d'évacuation du système de drainage détériorée et pouvant causer des dommages très importants à la colonne.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) :

1

Exemple 17

Élément :
Système de drainage
d'un tablier de pont



Défaut observé :

- L'absence de système de drainage entraîne la formation de flaques d'eau moyennes sur la surface. La canalisation des eaux est affectée de façon importante.

Étant donné l'absence de l'élément dans l'inventaire, aucune cote CEC ne peut être attribuée lors de l'inspection. Cependant, une activité globale au niveau de la structure doit être recommandée puisque l'absence de cet élément cause un problème pour la structure.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) :

S. O.

CHAPITRE 9

AUTRES ÉLÉMENTS DE TABLIER

TABLE DES MATIÈRES

9.1	GÉNÉRALITÉS	9-1
9.2	LE CHASSE-ROUE, LE TROTTOIR ET LA BANDE MÉDIANE	9-1
9.2.1	Les défauts du chasse-roue, du trottoir et de la bande médiane	9-2
9.2.2	Particularité des ponts pour les piétons et cyclistes	9-3
9.3	LE DISPOSITIF DE RETENUE	9-3
9.3.1	Les défauts du dispositif de retenue	9-4
9.3.2	Les anciens modèles de dispositif de retenue	9-5
9.3.3	La consolidation de glissières	9-6
9.3.4	Particularité des ponts pour piétons et cyclistes	9-6
9.4	LE JOINT DE TABLIER	9-6
9.4.1	Les défauts généraux	9-7
9.4.2	Les défauts propres aux joints ouverts	9-8
9.4.3	Les défauts propres aux joints étanches	9-9
9.5	L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU	9-9
9.6	L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT	9-10
9.6.1	Général	9-10
9.6.2	Évaluation du chasse-roue, du trottoir et de la bande médiane	9-10
9.6.3	Évaluation du dispositif de retenue	9-11
9.6.4	Évaluation du joint de tablier	9-11
9.7	EXEMPLES	9-14
9.7.1	Le chasse-roue et le trottoir	9-14
9.7.2	Le dispositif de retenue	9-16
9.7.3	Le joint de tablier	9-19

TABLEAUX

Tableau 9.1-1	Les autres éléments de tablier	9-1
Tableau 9.3-1	Perte de résistance à la traction de tiges d'ancrages trop courtes	9-5
Tableau 9.5-1	Critère spécifique – Matériau – Joint de tablier	9-10
Tableau 9.6-1	Critères spécifiques – Comportement – Chasse-roue, trottoir et bande médiane	9-12
Tableau 9.6-2	Critères spécifiques – Comportement – Dispositif de retenue	9-12
Tableau 9.6-3	Critères spécifiques – Comportement – Joint de tablier	9-13

9.1 GÉNÉRALITÉS

Les éléments qui font partie des groupes « Chasse-roue/trottoir », « Dispositif de retenue » et « Joint » sont traités dans le présent chapitre. Il s'agit des éléments présentés dans le tableau 9.1-1.

Tableau 9.1-1 Les autres éléments de tablier

Groupe	Élément	Niveau d'importance ⁽¹⁾	Caractéristiques dimensionnelles ⁽²⁾
Chasse-roue / Trottoir	Chasse-roue	S	Longueur
	Trottoir	S	Surface
	Bande médiane	S	Longueur
Dispositif de retenue	Glissière	S	Longueur
	Glissière médiane	S	Longueur
	Garde-fous	S	Longueur
Joint	Élément en élastomère	S	Largeur
	Épaulement	S	Largeur
	Autres éléments	S	Largeur

1. P : principal

S : secondaire

2. Les formules de calcul complètes se trouvent dans le *Manuel d'inventaire des structures*.

9.2 LE CHASSE-ROUE, LE TROTTOIR ET LA BANDE MÉDIANE

Le chasse-roue est un muret placé le long du parapet ou de la glissière d'un pont. Le chasse-roue protège la glissière et les lampadaires contre les roues des véhicules et la lame des chasse-neige. Il redresse également la trajectoire des véhicules lors d'une perte de maîtrise et canalise l'eau de ruissellement vers les drains.

Le trottoir est une plate-forme habituellement surélevée par rapport à la chaussée pour permettre le passage des piétons. Son côté intérieur a les mêmes fonctions qu'un chasse-roue.

Quant à la bande médiane, elle se distingue du chasse-roue par le fait qu'elle sépare les voies de circulation de sens opposés.

Le chasse-roue, le trottoir et la bande médiane peuvent être construits en béton, en acier ou en bois. Leur côté intérieur peut être constitué d'une bordure en béton préfabriqué ou en granite, ou d'une cornière en acier galvanisé.

9.2.1 Les défauts du chasse-roue, du trottoir et de la bande médiane

Les principaux défauts pour lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- les défauts du béton tels que la désagrégation, la corrosion des armatures et le délaminage affectant surtout les éléments dont le recouvrement des armatures est insuffisant et qui sont soumis à l'action de l'eau et des sels de déglacage, et les fissures transversales ou longitudinales;
- les défauts de l'acier tels que la corrosion et la fissuration;
- les défauts du bois tels que la pourriture, le trou d'insecte ou l'usure par abrasion.

Les défauts du chasse-roue, du trottoir et de la bande médiane peuvent affecter la performance de ces éléments.

En effet, lorsque la hauteur au-dessus de la chaussée est insuffisante ou que le côté intérieur est trop incliné, les chasse-roues, les trottoirs et les bandes médianes peuvent devenir des tremplins pour les véhicules et exposer les glissières et les lampadaires à des dommages. De plus, des changements brusques dans leur alignement, une dénivellation brusque ou une interruption sans transition à l'extrémité de la structure peuvent constituer des obstacles.

La hauteur du chasse-roue, de la bande médiane et du trottoir est mesurée sur les côtés intérieurs à partir de la surface de roulement, sans accumulation de gravier ou de sable. S'il y a accumulation le long du chasse-roue ou du trottoir, un nettoyage est nécessaire afin d'éviter que ces derniers ne deviennent des tremplins pour les véhicules.

Dans le cas particulier des trottoirs, leurs défauts peuvent également causer des désagréments aux piétons et aux cyclistes. En effet, la surface d'un trottoir peut présenter :

- des cavités dues à l'éclatement du béton;
- des trous causés par la rouille ou résultants de l'arrachement d'une planche;
- des clous qui ressortent à la surface;
- des planches endommagées par la pourriture ou mal assujetties.

La formation de flaques d'eau ou de plaques de glace peut rendre également la surface hasardeuse.

Des assemblages relâchés ou endommagés par la corrosion de l'acier peuvent également présenter des risques pour les usagers qui empruntent un trottoir fixé en porte-à-faux sur le côté extérieur de la structure.

9.2.2 Particularité des ponts pour les piétons et cyclistes

L'inspecteur doit tenir compte de certaines particularités lors de l'inspection d'un pont dont la fonction est réservée au passage des piétons et des cyclistes. Pour ces structures, l'inspecteur doit considérer deux situations lors de l'évaluation des chasse-roues.

La première situation est celle où l'obstacle sous la structure est une route. Dans ce cas, un chasse-roue est requis, afin de permettre le drainage et d'empêcher des objets de rouler et de tomber sous la structure. Il y a cependant une exception lorsque le platelage a été conçu avec une pente de 2% vers l'intérieur, conception fréquente pour les structures récentes ayant ce type de voie. En effet, cette pente permet alors le drainage vers l'intérieur de la chaussée et empêche les objets de rouler vers l'extérieur de la structure. Dans le cas où un chasse-roue est requis, une hauteur minimale de 100 mm est toutefois jugée suffisante pour considérer que le chasse-roue joue pleinement son rôle.

La deuxième situation est celle où l'obstacle sous la structure est un cours d'eau. Dans ce cas, un chasse-roue n'est pas jugé comme étant absolument requis. S'il est présent sur la structure, l'inspecteur doit l'évaluer, mais en gardant à l'esprit qu'il n'est pas essentiel.

9.3 LE DISPOSITIF DE RETENUE

Il y a trois groupes de dispositifs de retenue sur les structures selon leur emplacement sur le pont, soit les glissières, les garde-fous et les glissières mixtes.

La glissière est utilisée pour empêcher les véhicules de tomber en bas du pont, de se retrouver sur le trottoir ou dans la voie de circulation venant en sens inverse.

Le garde-fou, quant à lui, a pour fonction d'empêcher les piétons et les cyclistes de tomber en bas du pont. Pour cette raison, il est conçu pour résister à des charges latérales assez faibles et sa hauteur doit être suffisamment élevée pour rassurer les usagers.

Finalement, la glissière mixte possède à la fois les caractéristiques d'une glissière et celles d'un garde-fou fixé sur un trottoir ou une piste cyclable. Sa résistance aux forces latérales est la même que celle de la glissière et ses dimensions sont conformes aux exigences pour les garde-fous.

Les dispositifs de retenue qui se trouvent sur le réseau routier peuvent être en béton, en acier, en aluminium ou parfois en bois dans le cas des ponts acier-bois.

Les poteaux des dispositifs de retenue sont fixés au chasse-roue, au trottoir ou au parapet d'un pont à l'aide de tiges d'ancrage noyées dans le béton, sauf pour les ponts acier-bois où ils sont fixés au platelage en bois.

9.3.1 Les défauts du dispositif de retenue

Les principaux défauts du dispositif de retenue sont les suivants :

- les défauts de matériaux;
- le dispositif de retenue endommagé;
- les défauts des assemblages, des boulons, des ancrages et des soudures.

Les défauts de matériaux

Les défauts de matériaux du béton, de l'acier, du bois et de l'aluminium décrits au chapitre 4 peuvent, lorsqu'ils sont importants, affecter le comportement des dispositifs de retenue.

Le dispositif de retenue endommagé

Lorsqu'un véhicule entre en collision avec un dispositif de retenue, les défauts qui en résultent sont très variables selon l'ampleur de l'impact. En effet, certains éléments peuvent être déformés, renversés ou sectionnés. La perte complète d'une section du dispositif de retenue, provoquée par un accident, est également possible. L'inspecteur doit juger si le dommage ou le défaut affectent le comportement du dispositif.

Les défauts des assemblages, des boulons, des ancrages et des soudures

Les boulons et les ancrages peuvent être corrodés ou sectionnés. Les écrous des boulons peuvent être mal serrés ou absents.

Il n'est pas rare aussi d'observer des boulons ancrés trop profondément dans le béton, si bien que la partie filetée disponible est trop courte pour visser l'écrou complètement. Ce défaut peut entraîner une certaine perte de capacité en traction au niveau des ancrages. Afin de guider l'inspecteur dans l'évaluation de la perte de capacité, des résultats d'essais de résistance à la traction réalisés sur des tiges d'ancrage présentés au tableau 9.3-1 peuvent être utilisés.

Les boulons des joints qui unissent les lisses peuvent être desserrés, fissurés, manquants ou ne pas être munis de rondelles ou d'écrous. Les joints ne permettent pas toujours le mouvement nécessaire à la dilatation des pièces, car certains trous ronds n'ont pas été ovalisés. Une attention particulière doit être portée lors de l'inspection afin de vérifier si l'espacement est suffisant entre les extrémités des lisses aux joints de raccord, spécialement au droit des joints de tablier de la structure.

Il peut arriver aussi que certains joints déficients ou l'absence de joints entre les lisses assurent mal la continuité de celles-ci.

De plus, la lisse en tôle ondulée des dispositifs de retenue peut se transformer en obstacle lorsque le chevauchement d'assemblage des sections des lisses est disposé en sens inverse de la direction de la circulation.

Tableau 9.3-1 Perte de résistance à la traction de tiges d'ancrages trop courtes

Position de l'extrémité de la tige (y) par rapport à l'épaisseur de l'écrou (h)	Perte de résistance à la traction ⁽¹⁾
	Si $y = h$, perte jusqu'à 10 %
	Si $\frac{3}{4} h \leq y < h$, perte jusqu'à 40 %
	Si $y < \frac{3}{4} h$, perte jusqu'à 70 %

1. Essais réalisés par le laboratoire des chaussées du Ministère pour différents types d'ancrages

9.3.2 Les anciens modèles de dispositif de retenue

Au cours des années, de nombreux modèles de dispositif de retenue ont été employés sur les ponts. Lorsqu'ils sont sérieusement endommagés, ils sont habituellement remplacés par des dispositifs de retenue contemporains, mais il en existe encore une grande quantité, sur le réseau routier, qui ne respecte généralement pas les normes actuelles touchant la résistance aux charges latérales et la continuité des lisses.

Les anciens modèles de dispositifs de retenue présentent de nombreux défauts lorsqu'on les examine en fonction des normes actuelles, par exemple :

- la hauteur trop faible;
- la résistance trop faible aux efforts latéraux;
- la distance trop grande entre les poteaux;
- les lisses discontinues;
- les lisses non placées devant les poteaux;

- la dimension des ouvertures supérieure à 150 mm (par exemple l'espacement des barrotins) dans le cas des dispositifs de retenue de trottoirs.

Toutefois, pour ces anciens modèles de dispositif qui n'ont pas été conçus en vue de résister à l'impact des véhicules d'aujourd'hui, le niveau de protection offert aux usagers doit au moins satisfaire celui exigé lors de leur installation.

L'inspecteur doit donc évaluer si les défauts observés affectent le niveau de protection qui était offert lors de l'installation du dispositif. Néanmoins, l'inspecteur doit juger et évaluer si les défauts observés, incluant une mauvaise configuration, représentent une situation hasardeuse.

9.3.3 La consolidation de glissières

Le dispositif de retenue fait parfois l'objet d'une intervention dite de consolidation, par exemple l'ajout d'une lisse en GTOG fixée sur la glissière existante ou l'ajout d'une glissière en béton de type « New Jersey » devant une glissière endommagée. Une consolidation doit être considérée comme une mesure temporaire jusqu'à ce qu'une intervention permanente soit réalisée.

Lorsqu'une structure présente une glissière consolidée telle que décrite ci-dessus, l'inspection de cette dernière comporte les particularités suivantes. D'abord, l'évaluation de l'état du matériau de la glissière doit être faite en considérant seulement la glissière d'origine afin que l'activité de réparation ou de remplacement puisse être planifiée dans le système GSQ-6026.

Ensuite, lors de l'évaluation du comportement, l'inspecteur doit tenir compte de l'intervention de consolidation qui a été réalisée afin de juger de l'aptitude de la glissière à jouer rôle.

9.3.4 Particularité des ponts pour piétons et cyclistes

Lorsque la structure est réservée au passage des piétons et des cyclistes, le dispositif de retenue doit être évalué en fonction de son rôle, c'est-à-dire de retenir les piétons et les cyclistes.

9.4 LE JOINT DE TABLIER

Le joint de tablier est un élément localisé à l'extrémité d'une travée de pont pour permettre les mouvements dus principalement à la température.

Divers types de joints peuvent être utilisés en fonction du mouvement prévu de la structure et donc de sa portée. Les joints sont classés en deux catégories : les joints ouverts et les joints étanches. Les joints ouverts permettent l'écoulement de l'eau et l'évacuation des débris tandis que les joints étanches l'en empêchent.

Le comportement du joint de tablier est jugé à sa capacité d'assurer la continuité de la surface de roulement entre les éléments de la structure tout en permettant les mouvements du tablier. Le joint étanche a de plus comme rôle de retenir l'eau de ruissellement à la surface du tablier, de façon qu'elle n'éclabousse pas et n'endommage pas les éléments de tablier et les éléments de fondation sous-jacents.

En effet, l'eau qui fuit par un joint peut causer des dommages aux éléments en béton ou en acier de la structure. Toute situation qui empêche le joint de remplir l'une ou l'autre de ses fonctions est un indicateur de la présence d'un défaut qui affecte le joint.

9.4.1 Les défauts généraux

Les principaux défauts des joints de tablier sont les suivants :

- les défauts de matériaux et d'assemblages;
- la fermeture ou l'écrasement du joint;
- la trop grande ouverture du joint;
- le décalage transversal;
- le décalage vertical.

Les défauts de matériaux et d'assemblages

Les défauts de matériaux du béton, de l'acier et de la garniture peuvent nuire au comportement des joints de tablier. Pour le béton, la désagrégation ou l'éclatement peuvent affecter les épaulements situés de chaque côté du joint. Dans le cas de l'acier, il est possible d'observer de la corrosion, mais aussi de la fissuration, surtout au niveau des soudures et des assemblages du joint. Quant à la garniture, elle peut se décoller, se fissurer ou se déchirer. Il y a également le desserrement, la fissuration ou la rupture des ancrages ou des boulons.

La fermeture ou l'écrasement du joint

Lorsque le défaut est observé seulement durant les périodes estivales très chaudes, les causes les plus probables sont que le joint a été mal ajusté lors de son installation ou bien qu'il a été sous-dimensionné.

Lorsque le problème d'écrasement est permanent, alors il est possible qu'il provienne du déplacement des appuis du tablier, par exemple le déplacement de la culée. Les résultats d'un écrasement trop important sont l'endommagement du joint et sa perte d'étanchéité.

La trop grande ouverture du joint

Ce défaut peut être dû à un mauvais réglage du joint, à un mauvais dimensionnement, ou au blocage d'un appareil d'appui. Ce défaut peut avoir un impact sur la douceur de roulement et peut entraîner une perte d'étanchéité des joints étanches.

Le décalage transversal

Le décalage transversal du joint peut être causé par des mouvements transversaux du tablier, le tassement différentiel d'un appui, la rotation d'un ouvrage en biais à la suite du déplacement d'une culée ou la dilatation trop grande d'une structure en courbe. Le décalage peut provoquer la mise en butée transversale des dents d'un joint à dents.

Le décalage vertical

Le décalage vertical du joint s'observe par la présence d'une dénivellation sur la chaussée et nuit au confort des usagers. De plus, il y a un risque que les pièces saillantes soient accrochées par les véhicules de déneigement. La présence de ce défaut est le signe d'un désordre plus profond affectant le tablier ou ses appareils d'appui.

9.4.2 Les défauts propres aux joints ouverts

Les principaux défauts des joints ouverts sont les suivants :

- le bris, le soulèvement ou l'arrachement d'éléments en acier à la surface du joint. En effet, les éléments lâches, mal assujettis ou endommagés peuvent être soulevés par le passage des véhicules et ainsi affecter la sécurité des usagers. Ce défaut s'observe surtout au niveau des plaques et des dents des joints à dents de certains joints ouverts. Le « claquement » du joint lors du passage des véhicules indique habituellement la présence d'une pièce de joint qui est mal fixée.
- l'endommagement du dalot par la corrosion ou la fissuration. Le dalot qui draine l'eau de ruissellement sous un joint de tablier peut également se remplir graduellement de sable, de gravier et de débris; l'eau provenant du joint peut alors se déverser sur les éléments en béton et en acier de l'extrémité de la structure ainsi que sur les appareils d'appui et causer des dommages importants.
- l'absence de plaques sur un joint à dents, à proximité des trottoirs ou des chasse-roues permettant à un pneu de vélo de s'y coincer.

9.4.3 Les défauts propres aux joints étanches

Les principaux défauts des joints étanches sont les suivants :

- le décollement, l'arrachement, la fissuration, la déchirure et la perforation de la garniture. L'accumulation de débris peut causer la déchirure de la garniture et entraîner la perte d'étanchéité du joint;
- la corrosion et le blocage du mécanisme qui contrôle l'espacement des séparateurs de garniture d'un joint modulaire;
- la fissuration des soudures qui retiennent les séparateurs d'un joint modulaire à leurs supports et les séparateurs désalignés, inclinés ou endommagés par les véhicules de déneigement.

Dans le cas particulier d'un joint à plaques en élastomère, il est possible d'observer le décollement entre les plaques et le béton et le décollement des plaques entre elles. Dans le cas d'un joint à plaques en élastomère fretté, les défauts spécifiques sont l'usure, la perte d'élasticité, la fissuration, la déchirure, la perforation et l'arrachement des plaques.

9.5 L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU

L'évaluation de l'état du matériau doit être réalisée pour le chasse-roue, le trottoir, la bande médiane, le dispositif de retenue ainsi que le joint de tablier. Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les tableaux de défauts des matériaux courants présentés au chapitre 4

et

le critère spécifique d'évaluation de l'état du matériau pour le joint de tablier présenté au tableau 9.5-1.

L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts des matériaux observés.

L'inspecteur doit déterminer le pourcentage de l'élément qui correspond à chacun des quatre états (A, B, C, D).

Tableau 9.5-1 Critère spécifique – Matériau – Joint de tablier

Défauts de matériaux observés	État			
	A	B	C	D
1 - Garniture			fissurée, déchirée, perforée, décollée ou arrachée	

Note : Pour les matériaux courants, se référer aux tableaux 4.8-1 à 4.8-6

9.6 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

9.6.1 Général

Pour évaluer le comportement d'un élément, l'inspecteur doit juger de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure.

Pour ce faire, l'inspecteur doit évaluer l'importance des défauts observés en utilisant :

les critères généraux présentés au tableau 3.4-1;

ou évaluer l'importance des défauts observés en utilisant :

les critères spécifiques établis pour le chasse-roues, le trottoir, la bande médiane, le dispositif de retenue et le joint de tablier présentés aux tableaux 9.6-1, 9.6-2 et 9.6-3.

Les cotes de comportement qui ne peuvent être déterminées à partir des critères mentionnés ci-dessus doivent être évaluées selon le jugement de l'inspecteur. L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts de comportement observés.

Le niveau d'importance de l'élément (secondaire pour les éléments concernés dans le présent chapitre) doit être pris en compte lors de l'évaluation de la cote de comportement (cote CEC).

9.6.2 Évaluation du chasse-roue, du trottoir et de la bande médiane

Les défauts présentés au tableau 9.6-1 affectent le comportement du chasse-roue, du trottoir et de la bande médiane; ainsi, les défauts sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- la hauteur trop faible du chasse-roue ou du trottoir mesurée du côté intérieur de la structure;

- les défauts de matériaux, le déplacement latéral ou la dénivellation;
- les madriers du trottoir cassés, mal assujettis ou manquants;
- les assemblages relâchés, défectueux ou corrodés d'un élément en acier pouvant réduire sa capacité à transférer les charges.

9.6.3 Évaluation du dispositif de retenue

Le comportement d'une glissière est jugé à sa capacité de protéger et de guider la circulation des véhicules le long d'un pont et d'empêcher ces derniers de quitter accidentellement la route ou de s'aventurer en sens inverse. Le garde-fou, quant à lui, est jugé à sa capacité de protéger et de guider la circulation des piétons et des cyclistes, le long d'un pont. Tout ce qui nuit à ce comportement est considéré comme un défaut.

Les défauts présentés au tableau 9.6-2 affectent le comportement du dispositif de retenue. Ainsi, les défauts sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- les défauts affectant le niveau de protection offert lors de l'installation;
- les dommages au dispositif de retenue;
- les pièces mal assujetties;
- les boulons, ancrages, soudures ou éléments d'assemblage, desserrés, fissurés ou sectionnés pouvant réduire la capacité à transférer les charges.

9.6.4 Évaluation du joint de tablier

Les défauts présentés au tableau 9.6-3 affectent le comportement du joint de tablier; donc, les défauts sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- le décalage vertical, les défauts de matériaux, les défauts de fixation des pièces du joint;
- la perte d'étanchéité d'un joint étanche;
- la restriction de mouvement du tablier causée par le joint de tablier;
- les défauts de matériaux ou du mécanisme affectant le fonctionnement des espaceurs de garniture;
- les boulons, ancrages, soudures ou éléments d'assemblage, desserrés, fissurés ou sectionnés pouvant réduire la capacité à transférer les charges.

Tableau 9.6-1 Critères spécifiques – Comportement – Chasse-roue, trottoir et bande médiane

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Hauteur (H) du chasse-roue ou du côté intérieur du trottoir sur la structure	$H \geq 150 \text{ mm}$ ⁽¹⁾	$125 \leq H < 150 \text{ mm}$	$100 \leq H < 125 \text{ mm}$	$H < 100 \text{ mm}$
2 - Déplacement latéral ou défauts de matériaux affectant l'uniformité de la surface de contact verticale	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
3 – Défauts de matériaux, dénivellation ou madriers cassés, mal assujettis ou manquants affectant la planéité de la surface du trottoir	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
4 - Assemblage relâché, défectueux ou corrodé d'un élément en acier pouvant réduire sa capacité à transférer les charges	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 30 %)	de façon importante (de 30 à 50 %)	de façon très importante (plus de 50 %)
5 – Pièces faisant saillie				présence ⁽²⁾
1. Dans le cas d'un pont réservé uniquement au passage des piétons ou des cyclistes, CEC = 4 si $H \geq 100 \text{ m}$.				
2. L'ingénieur responsable doit être immédiatement avisé de l'état de la situation et de l'importance du défaut observé.				

Tableau 9.6-2 Critères spécifiques – Comportement – Dispositif de retenue

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Défaut affectant le niveau de protection offert lors de l'installation	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
2 – Pièce d'une glissière ou d'un garde-fou faisant saillie				présence ⁽¹⁾
3 - Boulons, ancrages ou éléments d'assemblage , desserrés, fissurés ou sectionnés ou tige d'ancrage trop courte pouvant réduire la capacité à transférer les charges	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 30 %)	de façon importante (de 30 à 50 %)	de façon très importante (plus de 50 %)
1. L'ingénieur responsable doit être immédiatement avisé de l'état de la situation et de l'importance du défaut observé.				

Tableau 9.6-3 Critères spécifiques – Comportement – Joint de tablier

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Décalage vertical, défauts de matériaux ou défauts de fixation des pièces d'un joint de tablier Affectant la transition entre les surfaces	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
2 - Défauts affectant l' étanchéité de la garniture ou du dalot d'un joint de tablier	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
3 - Restriction du mouvement du tablier causée par un joint de tablier	aucune à légère	appréciable	importante	très importante
4 - Défaut de l'acier ou du mécanisme affectant le fonctionnement des espaceurs de garniture	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
5 - Boulons, ancrages, soudures ou éléments d'assemblage , desserrés, fissurés ou sectionnés pouvant réduire la capacité à transférer les charges	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 30 %)	de façon importante (de 30 à 50 %)	de façon très importante (plus de 50 %)
6 – Pièces faisant saillie pouvant affecter le contrôle d'un véhicule				présence ⁽¹⁾
1. L'ingénieur responsable doit être immédiatement avisé de l'état de la situation et de l'importance du défaut observé.				

9.7 EXEMPLES

9.7.1 Le chasse-roue et le trottoir

Exemple 1

Élément :
Chasse-roue en
béton armé



Défauts observés :

- Désagrégation moyenne du béton (de 25 à 50 mm) sur toute la longueur de la travée;
- Hauteur du chasse-roue comprise entre 100 et 125 mm, mesurée à partir de la surface de roulement.

Matériau : A = 0 %, B = 100 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 2

Exemple 2

Élément :
Chasse-roue en
béton armé



Défauts observés :

- Désagrégation très importante (plus de 100 mm de profondeur) sur 30 % de la longueur de la travée;
- Désagrégation moyenne sur environ 50 % de la longueur;
- Présente une configuration faisant saillie.

Matériau : A = 20 %, B = 50 %, C = 0 %, D = 30 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 3

Élément :
Trottoir en béton armé



Défauts observés :

- Éclatement affectant environ 5 % de la surface;
- Désagrégation légère sur près de 10 % de la surface;
- Le reste est en bon état;
- Dénivellation affectant la planéité de la surface de façon appréciable.

Matériau : A = 95 %, B = 0 %, C = 5 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

9.7.2 Le dispositif de retenue

Exemple 4

Élément :
Dispositif de retenue



Défauts observés :

- Fissuration des lisses en acier représentant environ 10 % de la longueur de la travée;
- Fissuration du béton avec ouverture $< 0,8$ mm sur environ 30 % de la longueur;
- Ancrages sectionnés sur environ 20 % de la longueur totale;
- Dispositif de retenue endommagé affectant de façon importante le niveau de protection offert lors de son installation.

Matériau : A = 60 %, B = 30 %, C = 0 %, D = 10 % Comportement (CEC) : 2

Exemple 5

Élément :
Dispositif de retenue



Défauts observés :

- Éclatement du béton et corrosion importante des armatures (perte de section inférieure à 30 %) affectant 20 % de la longueur de la glissière;
- Taches de rouille provenant de la corrosion des armatures visibles sur 20 % de la longueur de la glissière;
- Le niveau de protection offert lors de son installation n'est pas affecté.

Matériau : A = 60 %, B = 20 %, C = 20 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 4

Exemple 6

Élément :
Dispositif de retenue



Défauts observés :

- Fissuration des panneaux en acier correspondant à environ 10 % de la longueur;
- Désagrégation importante (de 50 à 100 mm) de tous les poteaux correspondant à environ 15 % de la longueur totale de la glissière;
- Corrosion moyenne sur 75 % de la longueur;
- Dispositif de retenue endommagé affectant de façon très importante le niveau de protection offert lors de son installation.

Matériau : A = 0 %, B = 75 %, C = 15 %, D = 10 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 7

Élément :
Dispositif de retenue



Défauts observés :

- Désagrégation importante sur 20 % de la longueur;
- Désagrégation moyenne sur 50 % de la longueur du dispositif de retenue;
- Le reste est en bon état;
- Réduction très importante du niveau de protection offert lors de son installation.

Matériau : A = 30 %, B = 50 %, C = 20 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 8

Élément :
Dispositif de retenue



Défauts observés :

- Corrosion légère du dispositif de retenue sur 15 % de la longueur;
- Un ancrage sectionné et un ancrage trop court à la base d'un poteau;
- Les autres ancrages et le reste de la glissière sont en bon état;
- Les défauts affectent de façon très importante le niveau de protection offert lors de l'installation.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 9

Élément :
Dispositif de retenue



Défaut observé :

- Fissuration de poteaux correspondant à 10 % de la longueur du dispositif de retenue affectant de façon très importante le niveau offert lors de son installation.

Matériau : A = 90 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 10 % Comportement (CEC) : 1

9.7.3 Le joint de tablier

Exemple 10

Élément :
Plaque d'un joint à
plaques



Défauts observés :

- Ancrages lâches et desserrés sur 25 % de la largeur du joint;
- Corrosion moyenne de la plaque d'acier sur toute sa largeur;
- Défauts affectant la transition entre les surfaces de façon très importante.

Matériau : A = 0 %, B = 100 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 11

Élément :
Dents d'un joint à dents



Défaut observé :

- Aucun défaut de matériau n'est observé. Cependant, il y a un décalage vertical des côtés du joint affectant la transition entre les surfaces de façon très importante.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 12

Élément :
Cornières d'un joint à
plus d'une garniture



Défauts observés :

- Fissuration de l'une des cornières sur 5 % de la largeur du joint;
 - Le reste est en bon état;
- Décalage vertical des pièces du joint affectant la transition entre les surfaces de façon importante.

Matériau : A = 95 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 5 %

Comportement (CEC) : 2

Exemple 13

Élément :
Épaulements d'un joint à
garniture comprimée



Défauts observés :

- Délaminage sur 50 % de la largeur du joint;
- Désagrégation importante sur 20 % de la largeur;
- Le reste est en bon état;
- Défauts de matériaux affectant la transition entre les surfaces de façon appréciable.

Matériau : A = 30 %, B = 0 %, C = 70 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 14

Élément :
Élément en élastomère d'un
joint à garniture comprimée



Défauts observés :

- L'élément en élastomère du joint n'est pas visible. Il ne peut pas être inspecté;
- Cependant, l'infiltration d'eau visible sous le tablier sur plus de 40 % de la largeur du joint suggère que l'étanchéité est affectée de façon très importante.

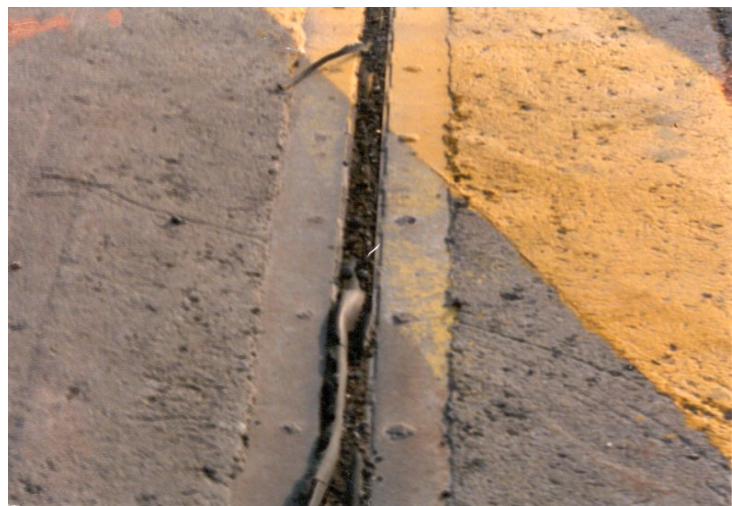
Matériau : Élément inaccessible

Comportement (CEC) :

1

Exemple 15

Élément
Élément en élastomère d'un
joint à garniture comprimée



Défauts observés :

- Garniture déchirée et arrachée sur environ 40 % de la largeur;
- Le reste est en bon état;
- Défauts causant une perte d'étanchéité importante.

Matériau : A = 60 %, B = 0 %, C = 40 %, D = 0 %

Comportement (CEC) :

2

Exemple 16

Élément :
Élément en élastomère d'un
joint à plaque en élastomère
fretté



Défauts observés :

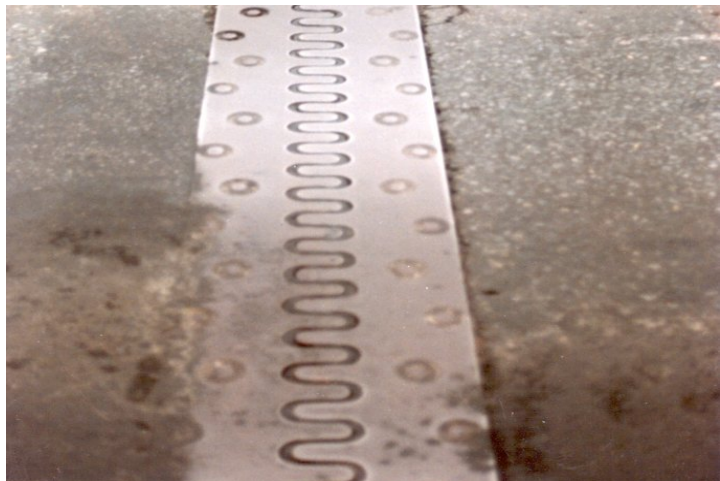
- Usure et déchirure des plaques en élastomère affectant environ 30 % de la largeur du joint;
- Le reste du joint est en bon état;
- Les défauts causent une perte de l'étanchéité importante.

Matériau : A = 70 %, B = 0 %, C = 30 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 2

Exemple 17

Élément :
Doigts d'un joint à doigts



Défauts observés :

- Aucun défaut de matériau observé;
- Cependant, une restriction importante du mouvement du tablier peut être soupçonnée étant donné que l'inspection a eu lieu au début de l'été.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 2

CHAPITRE 10

PROTECTION CONTRE LA CORROSION

TABLE DES MATIÈRES

10.1	GÉNÉRALITÉS	10-1
10.2	LES TYPES DE PROTECTION	10-1
10.3	LES DÉFAUTS DE REVÊTEMENT DE PROTECTION	10-2
10.4	L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU	10-5
10.5	L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT	10-6
10.6	EXEMPLES	10-8

TABLEAUX

Tableau 10.1-1	Éléments du groupe « Protection contre la corrosion »	10-1
Tableau 10.4-1	Critères spécifiques – Matériau – Protection contre la corrosion	10-6
Tableau 10.5-1	Critères spécifiques – Comportement – Protection contre la corrosion	10-7

10.1 GÉNÉRALITÉS

Les éléments qui font partie du groupe « Protection contre la corrosion » sont traités dans le présent chapitre. Il s'agit des éléments présentés dans le tableau 10.1-1.

Tableau 10.1-1 Éléments du groupe « Protection contre la corrosion »

Groupe	Élément	Niveau d'importance ⁽¹⁾	Caractéristiques dimensionnelles ⁽²⁾
Protection contre la corrosion	Acier – Unité de fondation	S	Surface
	Acier – Tablier	S	Surface
	Acier – Poutre triangulée/Arc	S	Surface

1. P : principal S : secondaire

2. Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures*.

10.2 LES TYPES DE PROTECTION

Les matériaux doivent généralement être protégés en surface lorsqu'ils sont exposés à des conditions extérieures propices à une dégradation accélérée. C'est le cas de l'acier qui doit avoir une protection de surface afin de limiter le processus naturel de corrosion. Il existe plusieurs procédés de protection de l'acier contre la corrosion, dont les plus courants sont :

- l'application de peinture;
- la galvanisation à chaud;
- la métallisation;
- la métallisation complétée par l'application de peinture.

Le choix du type de protection varie entre autres selon le type de structure, le milieu ambiant ou l'état de la surface à protéger. Cependant, l'application de peinture est le procédé le plus répandu pour protéger les ouvrages en acier contre la corrosion.

REMARQUE

L'acier patinable (type A ou AT) est un acier qui forme, à sa surface, une couche d'oxydation très dense lorsqu'il est exposé à des cycles de séchage-mouillage. Cette couche le protège contre les intempéries et ralentit la corrosion. Cependant, comme cette protection provient de l'acier lui-même, elle n'est pas considérée comme un revêtement de protection et n'est pas évalué dans le groupe « Protection contre la corrosion ».

10.3 LES DÉFAUTS DE REVÊTEMENT DE PROTECTION

Étant donné leur grande utilisation dans le passé et leur durée de vie plus limitée, il est plus courant d'évaluer l'état des revêtements de protection sur des surfaces d'acier.

Cependant, les autres types de revêtement de protection (métallisation ou galvanisation) peuvent présenter des déficiences comparables à des défauts de peinture et doivent être également évalués à partir des critères spécifiques.

Certains défauts de peinture peuvent être tout simplement le résultat d'un processus de désintégration du feuillet en raison de conditions extérieures agressives combinées trop souvent à une absence d'entretien. La diminution progressive de la protection peut aller jusqu'à la disparition totale du revêtement.

Le défaut de matériau le plus évident et le plus facilement observable est la présence de corrosion en surface. Cette corrosion en surface se manifeste le plus couramment selon deux types de répartition, à savoir la corrosion généralisée et la corrosion par points.

Une corrosion généralisée est caractérisée par des zones de différentes grandeurs qui sont réparties d'une façon uniforme ou non sur une surface d'acier. Une corrosion par points est répartie sur la surface métallique sous forme d'un nuage de petits points de rouille.

Le degré de corrosion est déterminé en considérant le pourcentage de corrosion visible sur la surface inspectée. L'évaluation visuelle du degré de corrosion d'une surface d'acier peinte est basée sur une méthode standard d'évaluation ("Standard Method of Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces" (SSPC-VIS 2-00)) qui établit une gravité de corrosion selon le pourcentage de corrosion visible existant sur la surface.

Lorsqu'une corrosion est apparente (revêtement absent) ou lorsqu'il y a une formation de corrosion sous le revêtement (corrosion sous le feuillet) alors cette superficie de corrosion doit être considérée dans la détermination du degré de corrosion (photo 10.3-1). Par contre, les souillures et les décolorations causées par la corrosion sur la surface peinte ne doivent pas être considérées comme de la corrosion.



Photo 10.3-1 Revêtement absent ou corrosion sous le feuill

D'autres défauts de peinture peuvent être observés sur des surfaces d'acier. Ces défauts peuvent avoir comme origine une mauvaise conception du système de peintures (farinage, érosion) ou bien une mauvaise exécution des travaux liés au peinturage (cloquage, pelage, délaminage, trou d'aiguille, pulvérisation excessive, points ou piqûres de corrosion, craquelage, coulures, ombrage et inclusions).

Parmi tous ces défauts, certains sont plus fréquemment observés comme les points de corrosion, le craquelage et l'ombrage (oubli).

Les points de corrosion sont caractérisés par l'apparition de petits trous et de taches de corrosion en surface. Les points ou les piqûres de corrosion sont causés fréquemment par une épaisseur insuffisante de peinture (photo 10.3-2).



Photo 10.3-2 Points de corrosion

Le craquelage est une fissuration plus ou moins intense du feuil de peinture. Le craquelage est représentatif d'un revêtement vieilli au fil du temps par les intempéries (photo 10.3-3). Tant que le revêtement craquelé conserve une certaine adhérence et ne présente pas vraiment de corrosion, on peut considérer le craquelage comme un défaut relativement mineur.



Photo 10.3-3 Craquelage

L'ombrage ou l'oubli correspond à un manque de peinture dû à une pulvérisation inadéquate; ce défaut est souvent observable autour des boulons et des rivets (photo 10.3-4).



Photo 10.3-4 Ombrage ou oubli

10.4 L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU

L'évaluation de l'état du matériau doit être réalisée pour les surfaces d'acier des éléments concernés des unités de fondation, du tablier et des poutres triangulées/arcs.

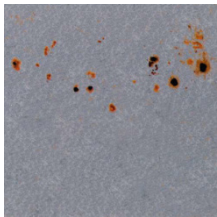
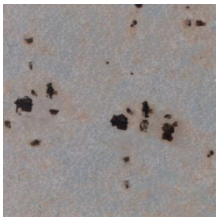
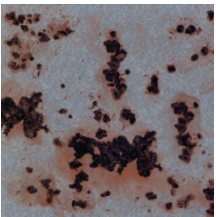
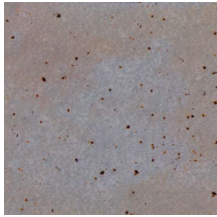
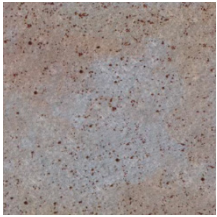
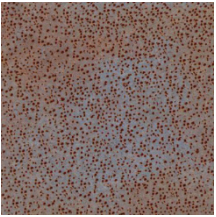
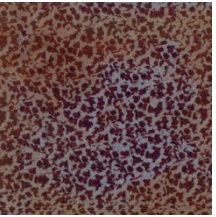
Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les critères spécifiques d'évaluation de l'état du matériau de la protection contre la corrosion présentés au tableau 10.4-1.

L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts des matériaux observés.

L'inspecteur doit déterminer le pourcentage de l'élément inspecté qui correspond à chacun des quatre états (A, B, C, D).

Tableau 10.4-1 Critères spécifiques – Matériau – Protection contre la corrosion

Défauts de matériaux observés	État			
	A	B	C	D
1 - Coulures, farinage, pulvérisation excessive	présence			
2 - Craquelage, peau de crocodile, cloquage, ombrage, pelage ou délaminage des couches		présence		
3 - Revêtement absent				présence
4 - Défaut du revêtement causant de la corrosion à la surface ou de la corrosion sous le feuil SSPC - VIS 2 Degré de corrosion	 léger (7-G)	 moyen (5-G)	 important (3-G)	 très important (1-G)
5 - Défaut du revêtement causant des points de corrosion à la surface SSPC - VIS 2 Degré de corrosion	 léger (7-P)	 moyen (5-P)	 important (3-P)	 très important (1-P)

10.5 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

L'évaluation du comportement d'un revêtement de protection consiste à juger son aptitude à protéger l'élément en acier contre la corrosion.

Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les critères spécifiques établis pour l'évaluation du comportement du revêtement de protection présentés au tableau 10.5-1.

L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts de comportement observés. L'inspecteur doit porter une attention particulière aux parties de la structure où le revêtement est susceptible de se détériorer rapidement. Ces endroits sont :

- les surfaces des membrures situées le long de la chaussée, susceptibles d'être éclaboussées par les sels de déglacage;
- les surfaces des membrures situées au-dessous des voies de circulation et qui ne sont pas protégées par le tablier;
- les surfaces des éléments ou des assemblages disposés de façon à retenir les débris et l'humidité;
- les surfaces des éléments susceptibles d'être éclaboussés par l'eau provenant d'un drain ou d'un joint de tablier;
- les surfaces des assemblages où l'acier est en contact direct avec le béton;
- les surfaces intérieures des membrures formées par un profilé creux ou par un assemblage de plaques.

Tableau 10.5-1 Critères spécifiques – Comportement – Protection contre la corrosion

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Défauts du revêtement mentionnés au tableau 10.4-1 affectant la protection de la surface métallique d'un élément	aucunement à légèrement (moins de 10 % des surfaces)	de façon appréciable (de 10 à 30 % des surfaces)	de façon importante (de 30 à 50 % des surfaces)	de façon très importante (plus de 50 % des surfaces)

10.6 EXEMPLES

Exemple 1

Élément :
Revêtement des
poutres à âme pleine
d'un tablier
(Acier- Tablier)



Défauts observés :

- Rouille observable (revêtement absent) sur environ 75 % de la surface;
- Supposons bon état de la peinture dans la partie supérieure des poutres (25 %) non visible sur la photo.
- Défauts de revêtement affectant la protection de façon très importante.

Matériau : A = 25 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 75 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 2

Élément :
Revêtement des
poutres à âme pleine
d'un tablier
(Acier- Tablier)



Défauts observés :

- Revêtement absent sur 25 % de la surface des cinq poutres du tablier;
- Points de rouille de degré moyen (5-P) sur environ 50 % de la surface;
- Le reste est en bon état;
- Défauts de revêtement affectant la protection sur environ 40 % des surfaces.

Matériau : A = 25 %, B = 50 %, C = 0 %, D = 25 %

Comportement (CEC): 2

Exemple 3

Élément :
Revêtement de la
structure de tablier
d'un pont à poutres
triangulées
(Acier – Poutre
triangulée / Arc)



Défauts observés :

- Revêtement absent sur 40 % de l'ensemble des surfaces;
- Corrosion sous le feuil de degré important (3-G) sur 40 % de la surface;
- Le reste de la surface est en bon état;
- Défauts de revêtement affectant la protection sur plus de 75 % de l'ensemble des surfaces.

Matériau : A = 20 %, B = 0 %, C = 40 %, D = 40 % Comportement (CEC): 1

Exemple 4

Élément :
Revêtement des
poutres triangulées à
tablier supérieur
(Acier - Poutre
triangulée / Arc)



Défauts observés :

- Points de rouille de degré très important (1-P) sur 40 % d'une poutre de rive, mais représentant environ 15 % de l'ensemble des surfaces des poutres triangulées;
- Le reste du revêtement est en bon état;
- Défauts de revêtement affectant la protection sur environ 15 % de l'ensemble des surfaces.

Matériau : A = 85 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 15 % Comportement (CEC) : 3

Exemple 5

Élément :
Revêtement des
béquilles
(Acier – Unité de
fondation)



Défauts observés :

- Revêtement absent sur environ 10 % des surfaces constituant les béquilles;
- Points de rouille de degré moyen (5-P) sur 20 % de la surface totale;
- Le reste est en bon état;
- Défauts de revêtement affectant la protection sur une surface de l'ordre de 30 % par rapport à l'ensemble.

Matériau : A = 70 %, B = 20 %, C = 0 %, D = 10 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 6

Élément :
Revêtement des
poutres triangulées
(Acier - Poutre
triangulée / Arc)



Défauts observés :

- Revêtement absent et corrosion sous le feuil sur près de 10 % des surfaces;
- Coulures sur 30 % de l'ensemble des surfaces des éléments constituant les poutres triangulées;
- Le reste est en bon état;
- Défauts de revêtement affectant la protection sur moins de 10 % de l'ensemble des surfaces.

Matériau : A = 90 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 10 %

Comportement (CEC) : 4

Exemple 7

Élément :
Revêtement d'un banc
en acier
(Acier – Unité de
fondation)



Défauts observés :

- Revêtement absent sur environ 20 % des surfaces constituant le banc;
- Le reste du revêtement est en bon état ;
- Défauts de revêtement affectant la protection sur environ 20 % de l'ensemble des surfaces.

Matériau : A = 80 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 20 %

Comportement (CEC) : 3

CHAPITRE 11

APPROCHES

TABLE DES MATIÈRES

11.1	GÉNÉRALITÉS	11-1
11.2	LA TRANSITION DE CHAUSSEE	11-2
11.3	LE SYSTÈME DE DRAINAGE	11-4
11.4	LA GLISSIÈRE AUX APPROCHES	11-4
11.4.1	Les défauts de matériaux	11-5
11.4.2	Le dispositif de retenue heurté	11-5
11.4.3	Les défauts causés par une mauvaise installation	11-5
11.4.4	Les défauts des joints d'assemblage	11-5
11.5	L'ESCALIER	11-5
11.6	L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU	11-6
11.7	L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT	11-6
11.7.1	Général	11-6
11.7.2	Évaluation de la transition de chaussée	11-7
11.7.3	Évaluation du système de drainage	11-7
11.7.4	Évaluation de la glissière aux approches	11-7
11.7.5	Évaluation de l'escalier et de la passerelle d'inspection	11-8
11.8	EXEMPLES	11-10
11.8.1	La transition de chaussée	11-10
11.8.2	Le système de drainage	11-11
11.8.3	La glissière aux approches	11-12
11.8.4	L'escalier	11-12

FIGURES

Figure 11.1-1	Distance d'inspection à l'approche d'une structure	11-2
Figure 11.2-1	Défaut de la transition de chaussée	11-3

TABLEAUX

Tableau 11.1-1	Éléments aux approches	11-1
Tableau 11.7-1	Critères spécifiques – Comportement – Transition de chaussée	11-8
Tableau 11.7-2	Critères spécifiques – Comportement – Système de drainage	11-8
Tableau 11.7-3	Critères spécifiques – Comportement – Glissière aux approches	11-9

11.1 GÉNÉRALITÉS

L'approche d'une structure est la partie de la route située sur une certaine distance à partir de l'extrémité du tablier. Généralement, il y a une approche à chaque extrémité de la structure et elle est constituée d'un ou de plusieurs éléments distincts :

- la transition de chaussée;
- la dalle de transition;
- le système de drainage;
- la bordure;
- le trottoir;
- la glissière;
- l'escalier;
- la passerelle d'inspection.

Certains de ces éléments ne sont pas évalués selon les dispositions du système d'évaluation. Cependant, ils font partie de l'inventaire d'une structure. Il s'agit des éléments suivants :

- la dalle de transition;
- la bordure;
- le trottoir.

Les éléments du groupe « Approches » qui doivent être inspectés sont traités dans le présent chapitre. Il s'agit des éléments présentés dans le tableau 11.1-1.

Tableau 11.1-1 Éléments aux approches

Groupe	Élément	Niveau d'importance ⁽¹⁾	Caractéristiques dimensionnelles ⁽²⁾
Approches	Transition de chaussée	S	S. O.
	Système de drainage	S	S. O.
	Glissière	S	Longueur
	Escalier	S	Nombre

1. P : principal

S : secondaire

2. Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures*.

L'inspection du système de drainage et de la glissière à l'approche est réalisée sur les distances indiquées à la figure 11.1-1.

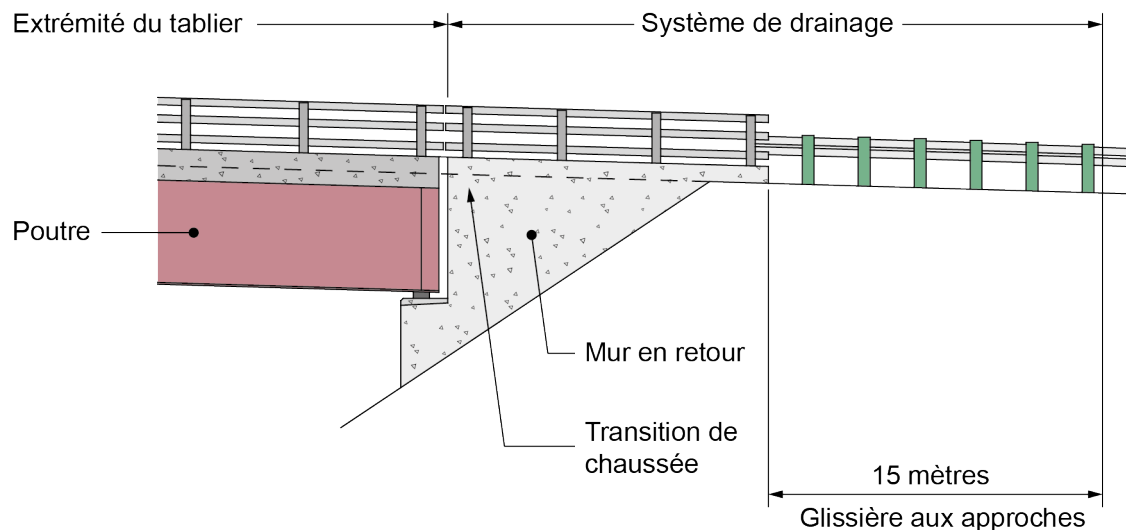


Figure 11.1-1 Distance d'inspection à l'approche d'une structure

11.2 LA TRANSITION DE CHAUSSEE

La transition de chaussée est la portion de la chaussée située à l'approche immédiate de la structure. Le rôle de cet élément est d'assurer le confort et la sécurité des automobilistes par une transition uniforme et de réduire au minimum la force d'impact produite par des véhicules sur la structure et sur l'approche elle-même.

Les défauts de la transition de chaussée sont reliés aux dénivellations brusques et aux irrégularités importantes qui ont comme conséquences d'augmenter l'impact des véhicules sur la structure, d'incommoder le conducteur ou même de rendre la conduite hasardeuse.

L'affaissement du profil de l'approche attenant à la culée peut être causé par le tassement du remblai d'approche, mais également par le déplacement de la culée. De même, un affaissement de moindre importance peut être causé par le déplacement du mur garde-grève ou d'un mur en retour ou en aile. En effet, lors du déplacement d'une unité de fondation, une certaine quantité du matériau du remblai doit se déplacer pour combler l'espace produit par ce mouvement. L'affaissement du profil de l'approche peut également survenir à la suite de la rupture de la dalle de transition s'il y a un manque de support de la part du remblai. La figure 11.2-1 montre ces défauts.

Le tassement du remblai d'approche produit une dénivellation brusque entre la surface de roulement de la structure et celle de l'approche. À la rencontre de cette dénivellation, les véhicules à l'approche de la structure sont soulevés pour ensuite retomber sur la structure et cela peut entraîner des dommages importants aux éléments. Quant aux véhicules se déplaçant de la structure vers le remblai, leur impact produit un affaissement du profil de l'approche.

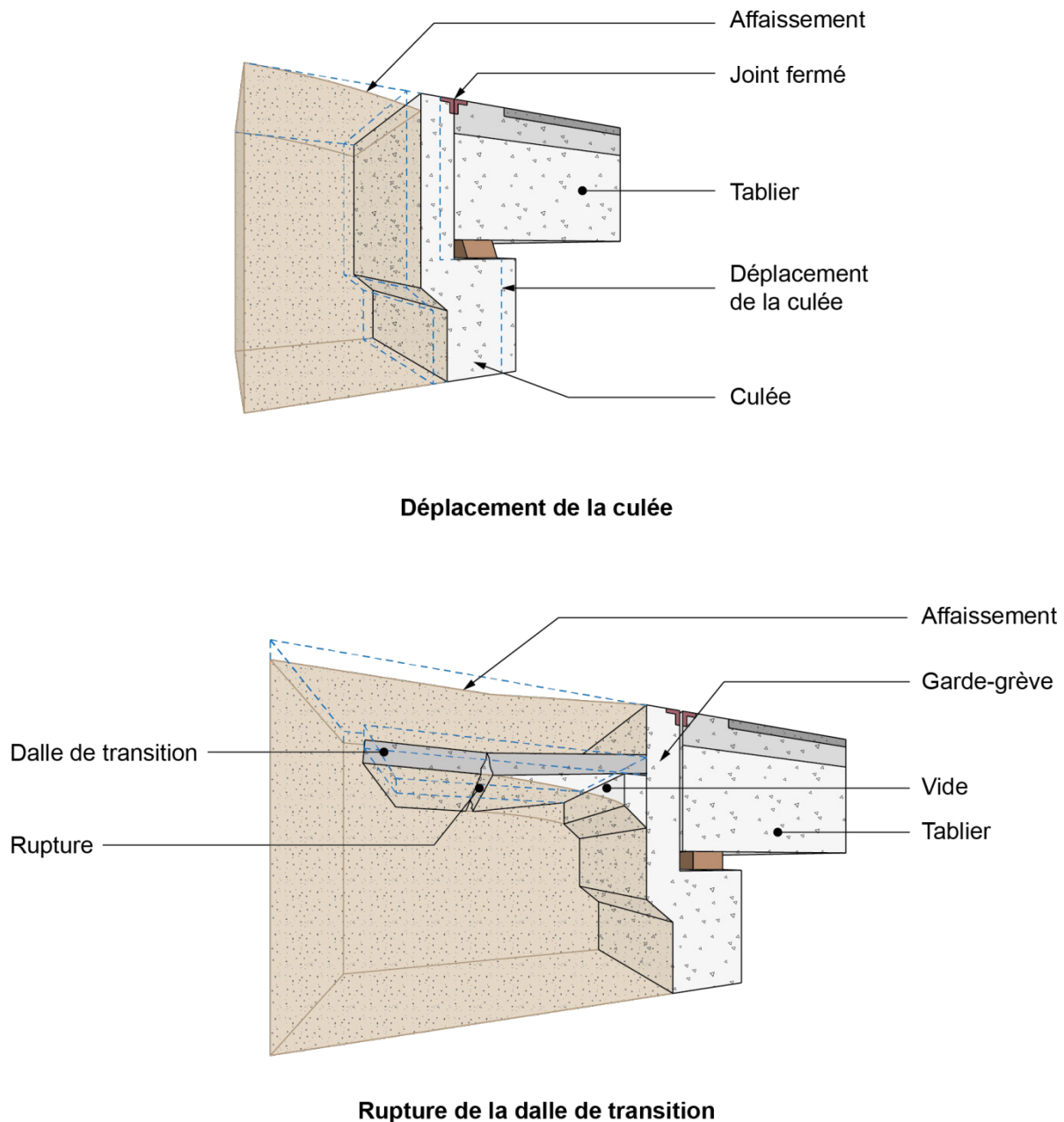


Figure 11.2-1 Défaut de la transition de chaussée

11.3 LE SYSTÈME DE DRAINAGE

Le drainage des eaux de ruissellement aux approches peut être assuré par un système de drainage généralement constitué de puisards ou de dalots (rigoles). En effet, lorsque l'eau provenant de la chaussée ne peut pas s'écouler de part et d'autre vers les talus, par les accotements s'ils existent, cette eau doit être captée par des puisards ou des dalots qui la dirigeront ensuite vers un autre système de drainage.

Les défauts des systèmes de drainage sont reliés à leur capacité à drainer l'eau de façon efficace. Les dépressions dans le pavage, les puisards obstrués ou placés en des points hauts, ainsi que l'amoncellement de sable et de gravier près des chasse-roues et des bordures favorisent la formation de flaques d'eau et de plaques de glace sur la surface de roulement.

Les bordures qui ne dirigent pas adéquatement les eaux de ruissellement vers les dalots détériorés ou mal situés ne permettant pas une bonne évacuation des eaux de ruissellement du tablier et des approches peuvent causer la dégradation du remblai d'approche et de la protection de talus, voire miner les matériaux granulaires sous les murs en retour ou en aile.

De même, les conduites souterraines reliées aux puisards peuvent se disloquer, laissant l'eau de ruissellement lessiver les matériaux fins des remblais et ainsi causer des dépressions et des trous près des puisards.

11.4 LA GLISSIÈRE AUX APPROCHES

La glissière est un dispositif de retenue destiné à assurer la sécurité des usagers. Elle empêche les véhicules, mais aussi les cyclistes ou les piétons dans certains cas, de tomber en bas du talus, de frapper le début du mur en retour ou la glissière du pont et, dans quelques cas, de se retrouver dans la voie de circulation venant en sens inverse. La glissière rigide sur le pont se continue habituellement aux approches par une glissière semi-rigide.

La glissière aux approches comprend généralement une lisse continue constituée de tôles en acier à double ondulation, communément appelées GTOG, fixée sur des poteaux en bois ou parfois sur des poteaux en acier. Une transition de rigidité est requise entre la glissière à l'approche et la glissière du pont, sauf dans le cas des ponts acier-bois et des ponts couverts. Pour tous les ponts, à l'exception des ponts couverts, la glissière à l'approche doit être raccordée à la glissière de la structure.

Le comportement d'une glissière est jugé à sa capacité de protéger et de guider la circulation des véhicules et d'empêcher les véhicules de quitter accidentellement la route ou, lorsque la glissière est médiane, de s'aventurer en sens inverse. Tout ce qui nuit à ce comportement est considéré comme un défaut.

11.4.1 Les défauts de matériaux

Les défauts de matériaux (acier et bois) peuvent, lorsqu'ils sont importants ou très importants, affecter le comportement des glissières.

11.4.2 Le dispositif de retenue heurté

Lorsqu'un véhicule entre en collision avec un dispositif de retenue, les défauts qui en résultent sont variables et proportionnels à l'ampleur de l'impact. En effet, certains éléments peuvent être déformés, renversés ou sectionnés. La perte complète d'une section du dispositif de retenue, provoquée par un accident, est également possible. L'inspecteur doit juger si le dommage ou le défaut affecte le comportement du dispositif.

11.4.3 Les défauts causés par une mauvaise installation

La lisse en tôle ondulée des dispositifs de retenue peut se transformer en obstacle lorsque le chevauchement d'assemblage des sections des lisses, est disposé en sens inverse de la direction de la circulation.

Il est possible également que la glissière semi-rigide protège mal l'extrémité de la glissière sur le pont, soit parce qu'elle n'est pas reliée adéquatement ou qu'il n'y a aucun raccordement.

Une transition de rigidité inadéquate ou absente est également un défaut qui affecte le comportement de la glissière à l'approche. Dans le cas d'une glissière constituée d'une lisse en GTOG, fixée sur des poteaux de bois, le nombre de poteaux fixés à une lisse est au moins deux fois plus grand le long de la transition de rigidité.

11.4.4 Les défauts des joints d'assemblage

Les boulons des joints d'assemblage peuvent être lâches, fissurés ou détériorés réduisant ainsi leur capacité à transférer les charges. Les joints ne permettent pas toujours le mouvement nécessaire à la dilatation des pièces; certains trous ronds devraient être ovalisés. Certains joints, ou l'absence de joints entre les lisses, assurent parfois mal leur continuité.

11.5 L'ESCALIER

L'escalier visé par cet article est celui qui permet aux piétons de se déplacer du dessus du tablier vers le dessous de la structure ou l'inverse. Le comportement de l'escalier est jugé à sa capacité de jouer son rôle de façon sécuritaire.

Les défauts de matériaux de l'acier, du béton et du bois, le cas échéant, peuvent, lorsqu'ils sont importants ou très importants, affecter le comportement structural de l'escalier. En effet, au niveau des limons, les défauts du béton (désagrégation, délaminage, éclatement, corrosion des armatures), de l'acier (fissuration et corrosion) et du bois (pourriture, altération physique) peuvent affecter la capacité de ces éléments à supporter les charges transmises par les marches.

De plus, au niveau des marches, des cavités dues à l'éclatement du béton, des trous causés par la rouille, des clous qui ressortent à la surface, des marches endommagées par la pourriture, non assujetties ou arrachées, peuvent être la cause de blessures pour les usagers. Une surface glissante par temps de pluie ou qui favorise la formation de flaques d'eau ou de plaques de glace présente aussi des risques pour les piétons.

11.6 L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU

Pour le présent chapitre, l'évaluation de l'état du matériau est faite seulement pour la glissière aux approches.

Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les tableaux de défauts des matériaux courants présentés au chapitre 4.

L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts des matériaux observés.

L'inspecteur doit déterminer le pourcentage de chaque élément inspecté se trouvant dans chacun des quatre états (A, B, C, D).

Contrairement au principe général du système d'inspection, seul le comportement des de la transition de chaussée, du système de drainage, de l'escalier et de la passerelle d'inspection doit être évalué.

11.7 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

11.7.1 Général

Pour évaluer le comportement d'un élément, l'inspecteur doit juger de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure.

Pour y arriver, l'inspecteur doit utiliser :

les critères généraux présentés au tableau 3.4-1;

ou évaluer l'importance des défauts observés en utilisant :

les critères spécifiques établis pour les éléments du groupe « Approches » et présentés aux tableaux 11.7-1 à 11.7-3.

Le comportement doit être évalué pour tous les éléments. Dans le cas de l'escalier et de la passerelle d'inspection, il n'y a pas de critères spécifiques pour l'évaluation du comportement. L'inspecteur doit porter un jugement en utilisant les critères généraux.

Les cotes de comportement qui ne peuvent être déterminées à partir des critères mentionnés ci-dessus doivent être évaluées selon le jugement de l'inspecteur. L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts de comportement observés.

Le niveau d'importance de l'élément, à savoir s'il s'agit d'un élément principal ou secondaire, doit être pris en compte lors de l'évaluation de la cote de comportement (cote CEC).

11.7.2 Évaluation de la transition de chaussée

Le tableau 11.7-1 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement de la transition de chaussée. Les défauts pouvant affecter directement la capacité de ces éléments et sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- les défauts d'uniformité causant un impact sur la structure ou sur l'approche;
- tout défaut à la bordure, au chasse-roue ou au trottoir dans la zone de la transition, entre la structure et l'approche.

11.7.3 Évaluation du système de drainage

Le tableau 11.7-2 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement du système de drainage. Les défauts pouvant affecter directement la capacité de cet élément sont le drainage insuffisant ou une déficience au niveau des bordures nuisant à la canalisation des eaux de ruissellement ou pouvant causer une érosion de l'accotement ou du remblai.

11.7.4 Évaluation de la glissière aux approches

Le tableau 11.7-3 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement de la glissière aux approches. Les défauts pouvant affecter directement la capacité de cet élément sont les suivants :

- dommage ou défaut à une glissière ou à un garde-fou à l'approche de la structure;

- raccordement inadéquat ou absent de la glissière à l'approche sur la structure (sauf dans le cas des ponts couverts);
- transition de rigidité inadéquate ou absente de la glissière semi-rigide (sauf pour les ponts acier-bois et couverts);
- boulons, ancrages, soudures ou élément d'assemblage desserrés, fissurés ou sectionnés pouvant réduire la capacité à transférer les charges.

11.7.5 Évaluation de l'escalier et de la passerelle d'inspection

L'évaluation du comportement doit être réalisée à partir des critères généraux présentés au tableau 3.4-1. Dans le cas de l'escalier, le comportement doit être jugé à sa capacité de permettre aux usagers d'accéder à la structure de façon sécuritaire, tandis que dans le cas de la passerelle d'inspection, le comportement doit être jugé à sa capacité de permettre aux inspecteurs d'utiliser la passerelle de façon sécuritaire.

Tableau 11.7-1 Critères spécifiques – Comportement – Transition de chaussée

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Défaut d'uniformité causant un impact sur la structure ou sur l'approche	aucun à léger	appréciable	important	très important
2 – Décalage vertical de la bordure, du chasse-roue ou du trottoir à l'approche affectant la transition avec la structure	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
3 – Absence de bordure ou de trottoir à l'approche affectant la transition avec le chasse-roue ou le trottoir de la structure	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante

Tableau 11.7-2 Critères spécifiques – Comportement – Système de drainage

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 – Déficience des bordures ou drainage insuffisant affectant la canalisation des eaux de ruissellement ou pouvant causer une érosion de l'accotement ou du remblai	nulle à légère	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante

Tableau 11.7-3 Critères spécifiques – Comportement – Glissière aux approches

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 –Défaut ou dommages affectant le niveau de protection offert lors de l'installation	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
2 - Raccordement de la glissière à l'approche de la structure (sauf pour les ponts couverts)	bon		inadéquat	absent
3 - Transition de rigidité de la glissière semi-rigide à l'approche de la structure (sauf pour les ponts acier-bois et couverts)	bonne		inadéquate	absente
4 - Boulons, ancrages, soudures ou éléments d'assemblage desserrés, fissurés ou sectionnés pouvant réduire la capacité à transférer les charges	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 30 %)	de façon importante (de 30 à 50 %)	de façon très importante (plus de 50 %)
5 – Pièce d'une glissière faisant saillie				présence ⁽¹⁾
1. L'ingénieur responsable doit être immédiatement avisé de l'état de la situation et de l'importance du défaut observé.				

11.8 EXEMPLES

11.8.1 La transition de chaussée

Exemple 1

Élément :
Transition de
chaussée à
l'approche



Défaut observé :

- La transition au niveau du trottoir est absente et affecte la transition avec la structure de façon très importante.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 1

Exemple 2

Élément :
Transition de
chaussée à
l'approche



Défaut observé :

- L'extrémité du chasse-roie constitue un obstacle par son ampleur (hauteur et largeur) et affecte la transition avec la structure de façon importante.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 2

Exemple 3

Élément :
Transition de
chaussée à
l'approche



Défaut observé :

- Dénivellation (défaut d'uniformité) à l'approche immédiate causant un impact important sur la structure.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 2

11.8.2 Le système de drainage

Exemple 4

Élément :
Système de drainage à
l'approche



Défaut observé :

- Absence de système de drainage causant une érosion importante du remblai.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : S. O.
Recommander une activité au
niveau de la structure.

11.8.3 La glissière aux approches

Exemple 5

Élément :
Glissière à l'approche



Défauts observés :

- Aucun défaut de matériau observé;
- Cependant, l'absence de raccordement de la glissière semi-rigide à l'approche affecte la transition avec la structure de façon très importante.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 1

11.8.4 L'escalier

Exemple 6

Élément :
Escalier



Défaut observé :

- Les défauts de matériaux observés causent une diminution légère de la capacité de l'élément à jouer son rôle.

Matériau : S. O. Comportement (CEC) : 4

CHAPITRE 12

PONCEAUX

TABLE DES MATIÈRES

12.1	GÉNÉRALITÉS	12-1
12.2	LES DÉFAUTS DES PONCEAUX	12-2
12.2.1	Les défauts de matériaux	12-2
12.2.2	L'affouillement	12-4
12.2.3	L'infiltration	12-5
12.2.4	Le tassement	12-6
12.3	LES DÉFAUTS PROPRES AUX STRUCTURES FLEXIBLES	12-7
12.3.1	La déformation des ponceaux	12-9
12.3.2	Le soulèvement des extrémités	12-11
12.3.3	Le bombement du fond	12-11
12.3.4	L'effet des sous-pressions	12-11
12.3.5	La fissuration des assemblages	12-12
12.4	LA PROTECTION DES EXTRÉMITÉS	12-13
12.4.1	Le mur de tête et le mur para fouille	12-13
12.4.2	Le mur en aile	12-13
12.4.3	Le déflecteur	12-14
12.4.4	Le piège à débris	12-14
12.5	L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU	12-14
12.6	L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT	12-15
12.6.1	Général	12-15
12.6.2	Évaluation du ponceau	12-16
12.6.3	Évaluation des ouvrages de protection	12-16

12.7	EXEMPLES	12-19
12.7.1	Les ponceaux	12-19
12.7.2	Les ouvrages de protection	12-25

FIGURES

Figure 12.2-1	Importance du coussin de support	12-3
Figure 12.2-2	Affouillement	12-5
Figure 12.2-3	Infiltration	12-6
Figure 12.2-4	Tassement	12-7
Figure 12.3-1	Répartition des charges sur les structures flexibles	12-8
Figure 12.3-2	Déformation des structures flexibles	12-10

TABLEAUX

Tableau 12.1-1	Éléments des ponceaux	12-1
Tableau 12.5-1	Critères spécifiques – Matériaux – Ponceaux	12-15
Tableau 12.6-1	Critères spécifiques – Comportement – Ponceaux et ouvrages de protection	12-17

12.1 GÉNÉRALITÉS

Les structures de type ponceau sont couramment utilisées dans le réseau routier. Elles sont fabriquées en béton, en acier, ou en polyéthylène (PEHD) et rarement en bois. Le rôle des ponceaux est de permettre le passage d'un cours d'eau, d'animaux, de piétons, de cyclistes ou encore de petits véhicules, sous un remblai.

Il y a deux grandes catégories de ponceaux : les structures rigides et les structures flexibles. Les structures rigides sont conçues pour résister aux efforts et aux charges qui les sollicitent sans tenir compte de la contribution du sol générée par le remblai qui les entoure. Elles ne tolèrent que très peu de déformation. Les structures flexibles, comme leur nom l'indique, sont conçues pour subir une certaine déformation et prendre appui sur le sol qui les entoure. Ces structures résistent aux charges de manière composite avec le remblai.

Les extrémités des ponceaux peuvent être protégées par un mur para fouille, un mur de tête ou des murs en aile. À l'occasion, des déflecteurs ou des pièges à débris sont utilisés afin de capter ou d'orienter les débris flottants.

Les éléments qui font partie du groupe « Ponceau » sont traités dans le présent chapitre. Il s'agit des éléments présentés dans le tableau 12.1-1.

Tableau 12.1-1 Éléments des ponceaux

Groupe	Élément	Niveau d'importance ⁽¹⁾	Caractéristiques dimensionnelles ⁽²⁾
Ponceau	Dessous de dalle/voûte	P	Surface
	Murs/naissance voûte/coins inférieurs	P	Surface x 2
	Radier	P	Surface
	Fondation	P	S. O.
	Mur de tête	S	Surface
	Mur en aile	S	Surface
	Mur para fouille	S	S. O.
	Défecteur/piège à débris	S	S. O.

1. P : principal S : secondaire

2. Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures*.

12.2 LES DÉFAUTS DES PONCEAUX

Les défauts énumérés dans cette section sont les défauts courants susceptibles d'affecter l'ensemble des ponceaux :

- les défauts de matériaux;
- l'affouillement;
- l'infiltration;
- le tassement.

Ces défauts peuvent apparaître et évoluer à divers stades et vont influencer différemment le comportement de la structure. À ces défauts s'ajoutent également les défauts propres aux structures flexibles traités à la section 12.3.

12.2.1 Les défauts de matériaux

Les ponceaux peuvent être affectés par les défauts propres aux matériaux utilisés tels que le béton, l'acier, le polyéthylène (PEHD) et le bois. Les défauts de matériaux peuvent avoir pour conséquence de réduire la capacité des éléments à supporter les charges particulièrement lorsque les défauts sont importants et qu'ils affectent une partie considérable de l'ouvrage.

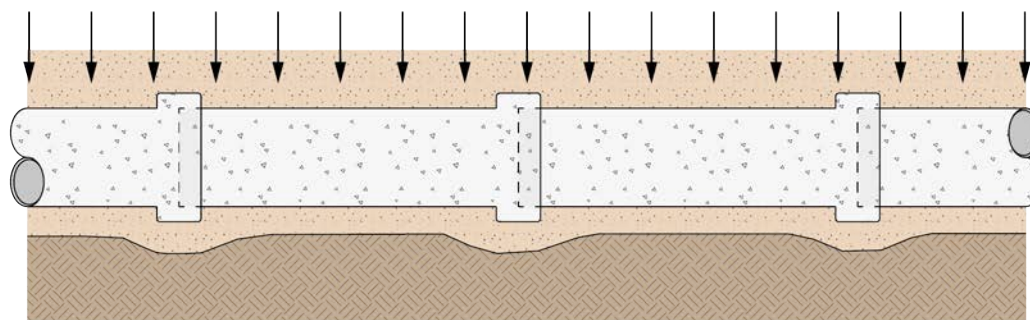
Les défauts de matériaux généralement observés sur les ponceaux et sur lesquels une attention particulière doit être portée sont les suivants :

- les défauts du béton tels que la désagrégation, l'érosion par abrasion, le délaminage, l'éclatement, la corrosion des armatures et la fissuration;
- le suintement de l'eau par les joints ou les fissures, ou la présence d'efflorescence et de stalactites, signes d'un béton poreux et détérioré;
- les défauts de l'acier tels que la corrosion, la fissuration et les déformations permanentes;
- les défauts du polyéthylène (PEHD) tels que la dégradation, l'usure par abrasion et la fissuration;
- les défauts du bois tels que la pourriture et les altérations physiques.

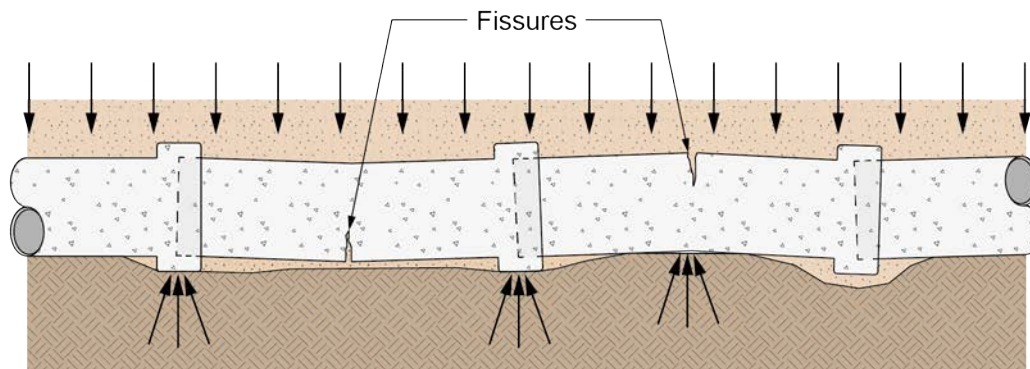
La corrosion de l'acier est un défaut courant des ponceaux métalliques. Elle se manifeste notamment lorsque la galvanisation ou tout autre revêtement de protection n'assure plus efficacement son rôle. La corrosion est généralement plus accentuée dans la partie inférieure des ponceaux correspondant à la zone de fluctuation courante des niveaux d'eau.

De façon générale, la progression des défauts de matériaux est accélérée par l'abrasion résultant du frottement de la glace et de l'eau chargée de particules de gravier sur les parois.

La fissuration dans les ponceaux rigides peut être causée par un coussin de support inadéquat ou absent. En effet, le coussin de support est un élément indispensable au comportement structural du ponceau. Il permet une fondation uniforme ainsi qu'une répartition adéquate des charges sous le ponceau. Il permet également de recouvrir les irrégularités qui peuvent endommager localement le ponceau. Lorsque le coussin de support n'est pas suffisamment densifié ou qu'il est inexistant, cela peut occasionner de la fissuration dans le ponceau. La figure 12.2-1 permet de visualiser l'importance du coussin de support en fonction des charges qui sollicitent le ponceau.



Coussin de support adéquat
Bonne répartition des charges au sol



Coussin de support inadéquat
concentration d'effort

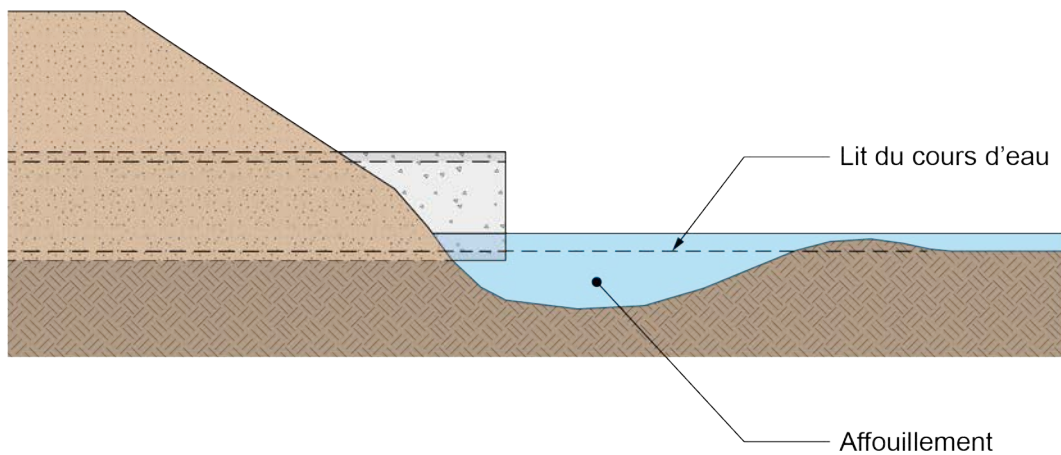
Figure 12.2-1 Importance du coussin de support

12.2.2 L'affouillement

L'affouillement est un creusement causé par le courant qui peut être observé aux extrémités d'un ponceau à contour fermé ou bien le long des murs ou de la naissance de la voûte d'un ponceau à contour ouvert. L'affouillement crée une dépression ou une fosse plus ou moins importante qui risque de mettre en danger la stabilité du ponceau. Une fosse à la sortie du ponceau est très représentative des problèmes d'affouillement générés par l'augmentation des vitesses d'écoulement. En l'absence de mur para fouille à la sortie d'un ponceau, l'affouillement peut progresser jusqu'à affecter le sol de fondation sous le ponceau. L'affouillement peut également affecter les semelles en béton des ponceaux à contour ouvert (figure 12.2-2).

L'affouillement varie en fonction de la vitesse d'écoulement et du type de matériaux constituant le lit du cours d'eau. Les fosses d'affouillement peuvent se combler entre deux crues en fonction de la capacité de transport de sédiments du cours d'eau et par conséquent, être quelquefois difficiles à détecter.

Les causes principales de l'affouillement sont l'absence de protection du lit aux abords du ponceau ou les vitesses d'écoulement élevées.



Affouillement à la sortie d'un ponceau

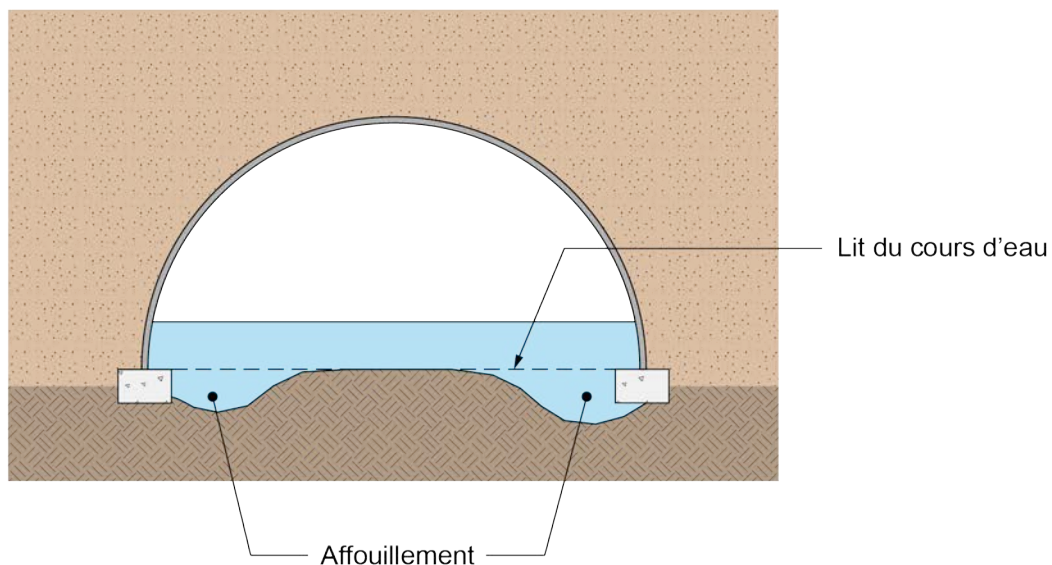


Figure 12.2-2 Affouillement

12.2.3 L'infiltration

Le phénomène d'infiltration correspond à l'écoulement de l'eau à travers le remblai qui se trouve au pourtour du ponceau. L'eau peut s'infiltrer à travers le remblai à partir du dessus de la route, par les joints de raccordement, par les perforations du ponceau causées par la corrosion ou encore par ses extrémités.

L'infiltration d'eau peut occasionner la perte de matériaux fins constituant le remblai et provoquer un affaissement de la route et le soulèvement ou l'écrasement des structures flexibles. L'infiltration d'eau peut aussi entraîner la formation d'une cavité cylindrique apparentée à une cheminée qui peut se propager vers la surface, jusque dans les voies de circulation, ou encore créer des cavités importantes au pourtour de la paroi du ponceau et faciliter l'écrasement de celui-ci. L'effondrement du toit des cavités se fait la plupart du temps de façon soudaine et imprévisible. Les dimensions des cavités peuvent être plus imposantes dans les remblais de forte épaisseur. La protection inadéquate des extrémités du ponceau ou l'absence de mur parafouille favorisent également l'infiltration et la perte des matériaux adjacents au ponceau.

Il n'est pas facile de détecter les vides. Lorsque l'on frappe la paroi intérieure d'un ponceau à l'aide d'un marteau, d'un jalon ou d'une tige en acier, une différence de tonalité est parfois perceptible. L'insertion d'un jalon à travers une paroi perforée fournit également un indice de l'ampleur de la perte de matériau.

La figure 12.2-3 montre le phénomène de l'infiltration. Il est important que l'inspecteur observe le patron de fissuration du pavage au-dessus du ponceau et aux abords de celui-ci ainsi que les affaissements de sol dans les remblais. Dans le doute, l'inspecteur doit en référer à l'ingénieur responsable de l'inspection.

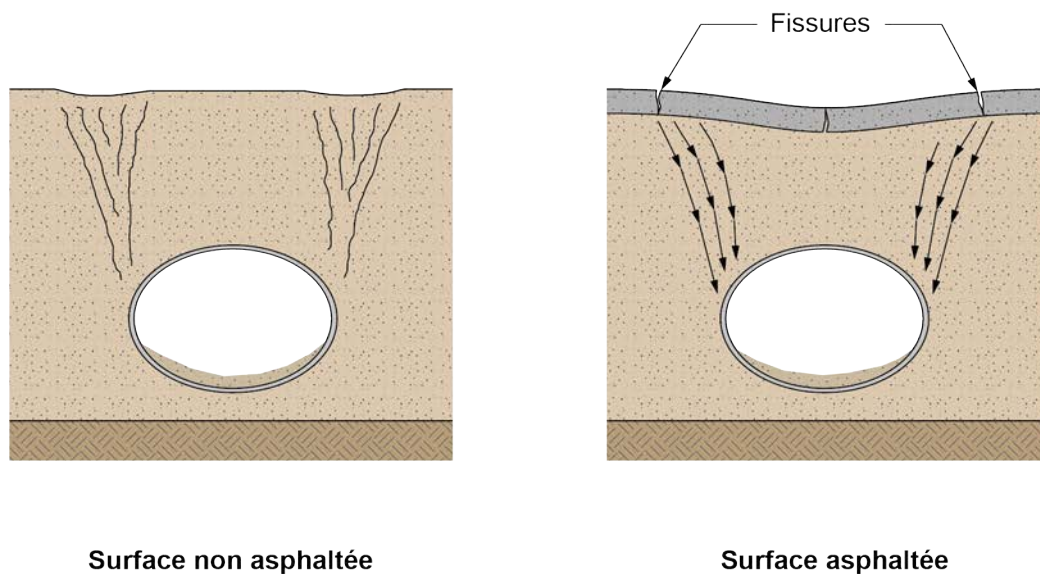


Figure 12.2-3 Infiltration

12.2.4 Le tassement

Généralement, les effets du tassement affectent principalement le profil en long de la structure et peuvent occasionner des déformations considérables. Ce type de déformation est causé par le déplacement vertical graduel du sol de fondation et du

remblai dans lequel est installé le ponceau. Il est souvent plus accentué au milieu du ponceau qu'aux extrémités. Les mouvements entre les sections du ponceau sont des indices d'une perte de matériaux de fondation ou d'un tassement différentiel.

Lorsque le tassement différentiel entre le milieu du ponceau et ses extrémités est trop accentué, de graves problèmes apparaissent dans les parois, notamment au droit des joints de raccordement, comme des déformations, de la fissuration et des déchirures de tôle, du poinçonnement par les boulons, de la fissuration du béton, etc.

Le tassement peut aussi affecter le profil de la route. La figure 12.2-4 montre le tassement dans le cas d'une structure flexible et d'une structure rigide. La déformation de la structure flexible entraîne un tassement et une déformation de la chaussée dans la zone située immédiatement au-dessus du ponceau. Par contre, dans le cas d'une structure rigide, le tassement est plus important dans les zones situées de part et d'autre du ponceau.

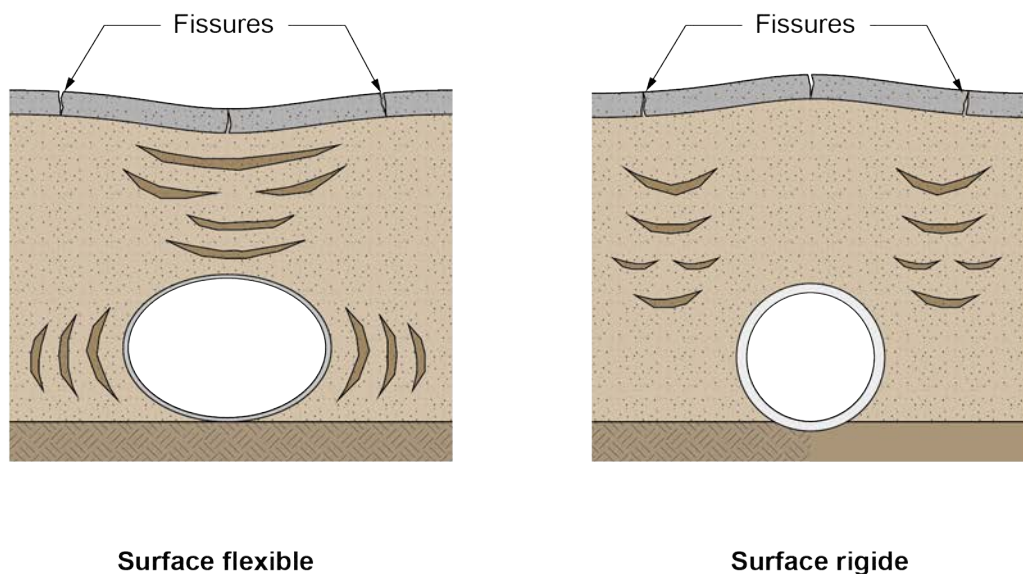


Figure 12.2-4 Tassement

12.3 LES DÉFAUTS PROPRES AUX STRUCTURES FLEXIBLES

Les ouvrages flexibles sont des structures composites relativement souples, constituées d'une paroi en acier ou en PEHD, et conçues pour se déformer sous l'action des charges et prendre appui sur le sol qui les entoure. Le sol entourant le ponceau participe donc, lui aussi, à la capacité structurale de l'ouvrage. Ces ouvrages, compte tenu de leur souplesse, doivent être constamment maintenus en équilibre et les remblais doivent être uniformes en tout temps.

La figure 12.3-1 montre la répartition des charges au pourtour des structures flexibles. La répartition des charges sur la structure est inversement proportionnelle au rayon de courbure. Les charges sont donc plus importantes dans les zones de faible rayon de courbure, notamment pour la forme arquée et la forme elliptique.

La plupart des défauts propres aux structures flexibles sont reliés à une conception ou à une mise en œuvre déficiente. D'autres défauts reliés à la dégradation des matériaux, à l'action de l'eau, à des mouvements de sol aux abords du ponceau ou encore à des interventions humaines peuvent se manifester. L'origine des défauts est souvent reliée à un ensemble de causes qui agissent simultanément et non à l'effet d'une seule.

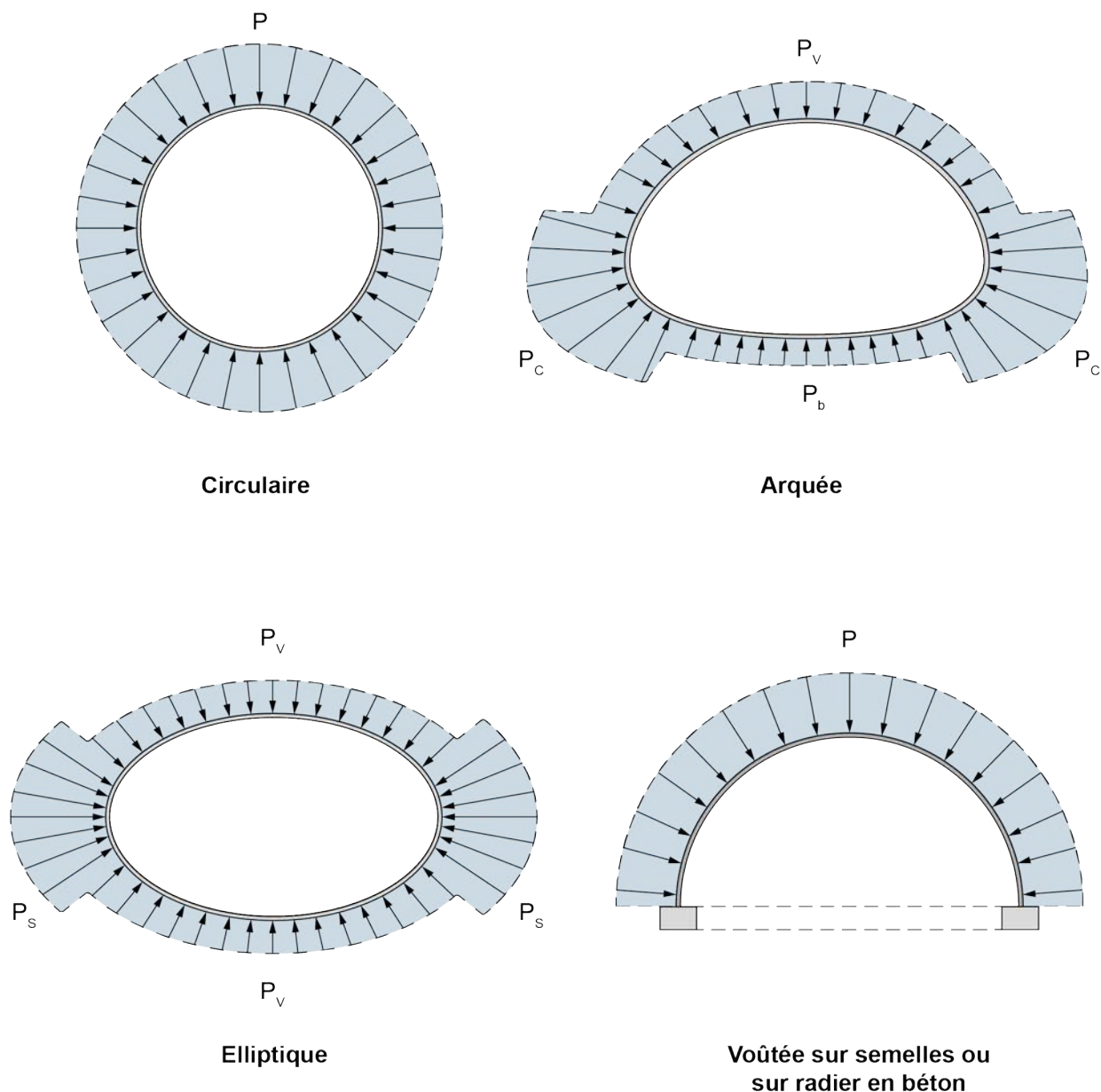


Figure 12.3-1 Répartition des charges sur les structures flexibles

12.3.1 La déformation des ponceaux

La déformation des ponceaux est souvent reliée à une mise en œuvre déficiente et à l'utilisation de matériaux inadéquats. Conséquemment, il est fréquent que les déformations surviennent durant la construction ou peu de temps après. La gravité de ces déformations dépend de leur amplitude, de leur caractère évolutif et des autres défauts qui en résultent tels que le pivotement des tôles, le glissement, la fissuration des tôles au niveau des trous des boulons, le relâchement des assemblages, la déformation de la chaussée, les fissures du radier. La figure 12.3-2 montre les différentes déformations pouvant être observées lors des inspections.

L'importance d'une déformation peut être évaluée en comparant la dimension de la section transversale du ponceau mesurée vis-à-vis de la déformation et dans un axe perpendiculaire à celle-ci, avec la dimension théorique ou la même dimension mesurée dans une partie du ponceau qui n'a pas subi de déformation. La localisation des repères de référence de même que les dimensions mesurées lors de la vérification doivent être conservées au dossier du ponceau de manière à pouvoir suivre l'évolution de la déformation. Les déformations qui évoluent avec le temps sont considérées comme anormales.

12.3.1.1 Les déformations en ogive et en forme de poire de la voûte

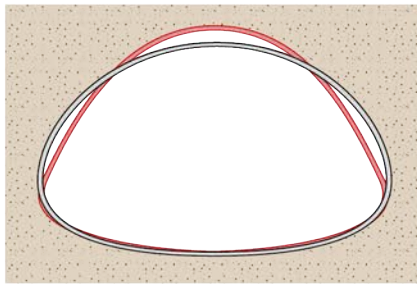
La déformation en ogive se caractérise par une diminution du rayon de courbure au sommet du ponceau. La déformation en forme de poire survient lorsque des inversions de courbure se développent symétriquement de part et d'autre du ponceau. Cet état est plus accentué et plus grave qu'une déformation en ogive. Ces déformations traduisent généralement une résistance insuffisante de la paroi pour supporter les efforts de poussée présents durant la construction ou la compaction des remblais latéraux.

12.3.1.2 L'aplatissement transversal

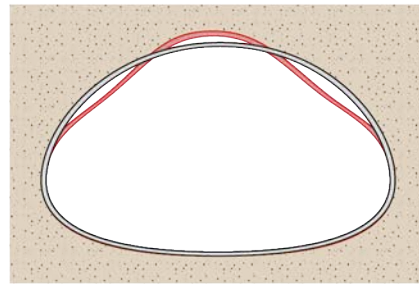
Cette déformation est, en principe, directement reliée à une rigidité insuffisante des remblais latéraux due à un compactage inadéquat, à la présence de matériaux non conformes, à la migration de matériaux fins par l'infiltration d'eau le long des parois extérieures, etc. En l'absence d'action corrective, ce défaut peut entraîner la perte de l'ouvrage.

12.3.1.3 L'enfoncement des plaques de coin

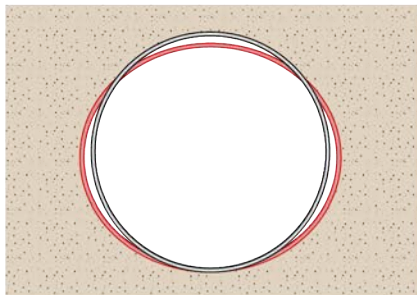
Ce défaut est causé essentiellement par un manque de capacité portante du sol au niveau des plaques de coins des ponceaux arqués. En effet, le faible rayon de courbure des plaques de coins engendre de fortes contraintes au niveau du sol et provoque l'inversion caractéristique de la courbure du radier.



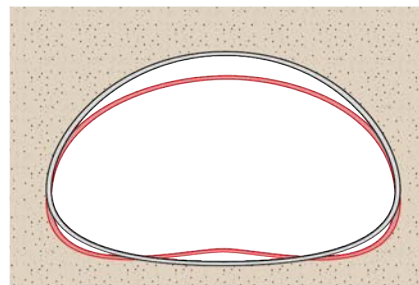
En ogive



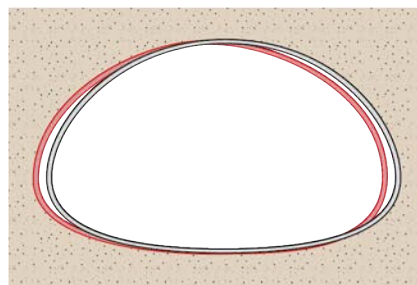
En forme de poire



Aplatissement transversal



Enfoncement des plaques de coin



Déformation latérale

Figure 12.3-2 Déformation des structures flexibles

12.3.1.4 La déformation latérale

La déformation latérale de l'ensemble du pont est généralement causée par des efforts de poussée s'exerçant de manière dissymétrique de part et d'autre du pont. Elle peut être due notamment à une mise en œuvre asymétrique des remblais ou à un remblai aménagé à forte pente.

12.3.1.5 La déformation locale

Les parois des ponceaux flexibles peuvent présenter localement diverses déformations telles que l'enfoncement, le poinçonnement, les déchirures, etc. Ces défauts peuvent être causés par la circulation de véhicules lourds sur un recouvrement insuffisant, par l'apport massif de terre contre les parois du ponceau ou par la machinerie elle-même (marques de pelle) lors du remblayage, par la présence de roches ou de tout autre matériau dur contre la paroi du ponceau. Les déformations locales peuvent être générées également par la présence de lentilles de glace se développant dans le remblai autour du ponceau durant les périodes de gel.

12.3.2 Le soulèvement des extrémités

La poussée des remblais latéraux peut provoquer le soulèvement des extrémités lorsque le ponceau est déjà déformé en forme d'ogive ou en forme de poire, ou lorsque les extrémités ont été biseautées. Cette déformation est généralement caractéristique d'une rigidité insuffisante des extrémités supportant la poussée exercée par le remblai.

Par ailleurs, le radier aux extrémités d'un ponceau peut être soulevé sous l'action des sous-pressions, s'il n'est pas suffisamment ancré au mur para fouille. Ce phénomène peut rapidement s'aggraver sous l'action des forces du courant et des chocs de corps flottants. Il peut entraîner rapidement, au cours d'une crue, l'obturation de l'ouvrage et sa perte totale.

12.3.3 Le bombement du fond

Le bombement du fond du ponceau survient principalement lorsque celui-ci possède un fond plutôt plat comme dans le cas d'un ponceau arqué. Il est le résultat d'un accroissement du niveau d'eau dans le remblai qui occasionne une importante poussée hydrostatique ascendante contre le fond du ponceau. Ce mouvement peut se combiner à un tassement aux coins inférieurs du ponceau soumis à des pressions trop élevées.

Le bombement du fond peut survenir sans que se manifestent des problèmes aux extrémités du ponceau.

Ce défaut peut résulter d'une mauvaise installation du ponceau, d'un compactage inadéquat des parties inférieures ou de la présence d'un niveau d'eau trop élevé dans le sol par rapport à celui dans le ponceau. Ce dernier cas se rencontre souvent lorsque les marées affectent l'ouvrage.

12.3.4 L'effet des sous-pressions

Les sous-pressions engendrent des efforts ascendants lorsqu'un corps est immergé dans un liquide. Ainsi, lorsqu'un ponceau est placé dans un milieu saturé d'eau, la présence des sous-pressions peut provoquer le soulèvement de l'ouvrage. Ce

mouvement peut conduire à la perte de l'ouvrage, spécialement lorsque le niveau de la nappe phréatique est élevé dans le sol ou lorsque les marées influencent le site du ponceau.

Les forces en présence dans les cas de sous-pressions sont le poids de la conduite, le poids du volume d'eau déplacé, le poids de l'eau transportée à l'intérieur du ponceau et le poids du remblai.

L'analyse des forces qui affectent la structure démontre que les ponceaux flexibles, étant plus légers, sont les plus vulnérables aux effets des sous-pressions. Il demeure toutefois que les ponceaux circulaires en béton de fort diamètre peuvent également être affectés par les sous-pressions compte tenu de l'imposant volume qu'ils occupent.

Les problèmes surviennent particulièrement aux extrémités du ponceau lorsque le remblai au-dessus de celui-ci est insuffisant pour annuler les effets des sous-pressions ou encore lorsqu'il n'y a pas de mur de tête ou de parafouille servant de protection et d'ancrage au ponceau.

12.3.5 La fissuration des assemblages

Dans le cas des ponceaux en acier, la fissuration des plaques au pourtour des boulons est souvent le résultat d'un assemblage inadéquat de ces dernières. Ce défaut est presque toujours accompagné d'une déformation longitudinale ou transversale importante et il affecte directement la capacité du ponceau à supporter les charges. Selon la longueur de la zone affectée par la fissuration sur une même ligne de boulons, ce défaut peut même provoquer la perte de l'ouvrage. La photo 12.3-1 montre un exemple typique de ce défaut.



Photo 12.3-1 Fissuration au pourtour des boulons d'un ponceau en acier

12.4 LA PROTECTION DES EXTRÉMITÉS

Il existe divers éléments pour protéger les extrémités des ponceaux contre l'affouillement, l'érosion et le soulèvement des extrémités. Il s'agit principalement du mur de tête, du mur en aile, du mur para fouille, du déflecteur et du piège à débris.

12.4.1 Le mur de tête et le mur para fouille

Le mur de tête est utilisé pour protéger le remblai contre l'érosion et empêcher la perte des matériaux qui ceinturent le ponceau. Le mur de tête peut être construit en béton, en acier, en maçonnerie, en bois, en sacs de sable-ciment ou en gabions.

Quant au mur para fouille, il sert à protéger la fondation du ponceau contre l'affouillement et à empêcher la perte, par infiltration, des matériaux fins du coussin de support. Le matériau constituant le mur para fouille peut être le béton, le bois et l'acier.

Les défauts sur lesquels une attention particulière doit être portée sont ceux qui ont une incidence sur l'efficacité de la protection qu'ils doivent offrir au ponceau. Il peut s'agir de défauts de matériaux, de perte de matériaux ou encore de pièces mal assujetties qui affectent la capacité de l'élément à jouer son rôle.

Plus particulièrement dans le cas des ouvrages de protection en maçonnerie, les principaux défauts sont la fissuration et la désagrégation. Dans le cas des ouvrages de protection en gabions, les principaux défauts sont la corrosion ou la rupture des fils des paniers et la perte de pierres. Finalement, lorsque les ouvrages de protection sont constitués de sacs de sable-ciment, les principaux défauts qui peuvent être observés sont la perte de sacs causée par l'impact des débris et des glaces, la pourriture du jute et la dégradation du matériau sable-ciment.

12.4.2 Le mur en aile

Le mur en aile d'un ponceau est utilisé pour orienter le courant tout en protégeant le remblai contre l'affouillement et l'érosion. Il doit également supporter la poussée du remblai. Il peut être construit en béton, en acier, en maçonnerie, en bois, en sacs de sable-ciment ou en gabions.

L'évaluation du comportement de cet élément consiste à évaluer l'incidence des défauts sur sa capacité de support, sur sa stabilité, sur le comportement des éléments qu'il supporte ou qu'il retient ainsi que sur l'efficacité de la protection qu'il offre pour le remblai.

Les défauts qui ont une incidence sur le comportement du mur en aile et sur lesquels une attention particulière doit être portée sont les suivants :

- la perte d'aplomb du mur;

- la perte de matériaux sous la semelle d'une fondation superficielle produite par l'affouillement ou l'érosion;
- les défauts de matériaux qui ont pour effets de réduire la résistance de la semelle, de diminuer sa surface portante ou de dégager la tête des pieux;
- les défauts du béton, de la maçonnerie, de l'acier, du bois, des gabions ou des sacs en sable-ciment qui ont pour effet de réduire la capacité du mur;
- les fissures dans le béton des semelles et du mur produites par les mouvements de fondation ou l'impact de la glace et des débris.

12.4.3 Le déflecteur

Le déflecteur permet d'orienter les débris flottants et les glaces entraînés par le cours d'eau de manière qu'ils ne puissent pas être retenus à l'entrée du ponceau.

L'évaluation du comportement de ces éléments consiste donc à évaluer l'incidence des défauts de matériaux et des pièces mal assujetties sur leur efficacité à protéger le lit et les extrémités du ponceau ou à orienter les débris flottants et les glaces.

12.4.4 Le piège à débris

Le rôle du piège à débris est d'intercepter les débris en amont du ponceau de manière qu'ils ne puissent pas s'accumuler à l'entrée et ainsi nuire à l'écoulement de l'eau.

L'évaluation du comportement de cet élément consiste donc à évaluer l'incidence des défauts de matériaux et des pièces mal assujetties sur son efficacité à retenir les débris.

Les défauts qui ont une incidence sur le comportement du piège à débris peuvent être des défauts de matériaux qui affectent la résistance structurale du piège ou des défauts reliés à son efficacité, c'est-à-dire des défauts qui font en sorte que les débris ne puissent plus être interceptés.

12.5 L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU

Selon le principe général du système d'inspection, l'état des matériaux des éléments doit être évalué.

Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les tableaux de défauts des matériaux courants présentés au chapitre 4;

et

les critères spécifiques d'évaluation de l'état du matériau pour ces éléments présentés au tableau 12.5-1.

L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui, lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts des matériaux observés.

L'inspecteur doit déterminer le pourcentage de l'élément qui se trouve dans chacun des quatre états (A, B, C, D).

Toutefois, contrairement au principe général du système d'inspection, seul le comportement est évalué pour la fondation, le mur para fouille, le déflecteur et le piège à débris.

Tableau 12.5-1 Critères spécifiques – Matériaux – Ponceaux

Défauts de matériaux observés	État			
	A	B	C	D
1 - Dégradation des sacs sable-ciment	aucune à légère	moyenne	importante	très importante
2 - Fils de paniers de gabions		corrodés	sectionnés	sectionnés avec perte de pierres
3 - Dégradation ou usure par abrasion du PEHD	aucune à légère	moyenne	importante	très importante
4 - Fissuration dans un ponceau en PEHD				présence

Note : Pour les matériaux courants, se référer aux tableaux 4.8-1 à 4.8-6.

12.6 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

12.6.1 Général

Pour évaluer le comportement d'un élément, l'inspecteur doit juger de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure.

Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les critères généraux présentés au tableau 3.4-1;

ou évaluer l'importance des défauts observés en utilisant

les critères spécifiques établis pour les éléments du groupe « Ponceau » présentés au tableau 12.6-1.

Les cotes de comportement qui ne peuvent pas être déterminées à partir des critères mentionnés ci-dessus doivent être évaluées selon le jugement de l'inspecteur.

L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui, lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts de comportement observés.

Les éléments en béton situés au-dessus des voies de circulation routière, ferroviaire ou piétonnière doivent être inspectés minutieusement de manière à détecter les risques de chute de fragments de béton sur les usagers. Lorsqu'une telle situation se présente, une opération de sécurisation et un suivi doivent être réalisés, comme décrit à la section 3.9 du chapitre 3 « Évaluation de l'état des éléments d'une structure ».

Le niveau d'importance de l'élément (principal ou secondaire) doit être pris en compte lors de l'évaluation de la cote de comportement (CEC).

12.6.2 Évaluation du ponceau

Le tableau 12.6-1 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement des divers éléments du ponceau. Les défauts pouvant affecter directement la capacité de ces éléments et sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- la diminution de section due à la corrosion des barres d'armature dans les éléments en béton armé;
- la fissuration des éléments en béton armé;
- la corrosion des ponceaux en acier dans la zone de fluctuation de l'eau;
- la fissuration des éléments en acier particulièrement au pourtour des boulons qui relient les plaques d'acier;
- la fissuration dans les éléments en polyéthylène (PEHD);
- les mouvements affectant la stabilité du ponceau;
- la déformation de la section transversale;
- l'affouillement sous un ponceau à contour fermé ou le long des murs ou de la naissance de la voûte d'un ponceau à contour ouvert;
- la perte de matériaux au pourtour d'un ponceau;
- le soulèvement d'une extrémité de ponceau.

12.6.3 Évaluation des ouvrages de protection

Le tableau 12.6-1 présente également les critères spécifiques d'évaluation du comportement des ouvrages de protection. Les défauts pouvant affecter directement la capacité de ces éléments et sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- le mouvement affectant la stabilité de l'ouvrage de protection;

- les défauts de matériaux, les pertes de matériaux ou les pièces mal assujetties pouvant affecter l'aptitude de l'élément à jouer son rôle.

Tableau 12.6-1 Critères spécifiques – Comportement – Ponceaux et ouvrages de protection

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Mouvement affectant la stabilité d'un ponceau ou d'un ouvrage de protection à l'extrémité d'un ponceau	légèrement (mouvement stabilisé)	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
2 - Défauts de matériaux réduisant la capacité d'un ponceau à supporter les charges	légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
3 - Déformation de la section transversale d'un ponceau en acier ou en PEHD	aucune à légère (moins de 5 %)	appréciable (de 5 à 15 %)	importante (de 15 à 20 %)	très importante (plus de 20 %) ⁽¹⁾
4 - Corrosion d'un ponceau en acier	aucune à légère	sans perforation	avec perforations localisées sur moins de 50 % de la longueur totale	avec perforations localisées sur plus de 50 % de la longueur totale ou avec perforation complète continue sur plus de 2 m
5 - Fissuration d'un ponceau en acier – % de boulons présentant une fissuration à son pourtour p/r au nombre total de boulons sur une même ligne	aucune à légère (moins de 10 %)	appréciable (de 10 à 30 %)	importante (de 30 à 50 %)	très importante (plus de 50 %)
6 - Fissuration d'un ponceau en acier – longueur de fissure au pourtour d'un boulon p/r à l'espacement longitudinal entre deux boulons	aucune à légère (moins de 10 %)	appréciable (de 10 à 30 %)	importante (de 30 à 50 %)	très importante (plus de 50 %)
7 - Fissuration dans un ponceau en PEHD				présence
8 - Perte de matériaux au pourtour d'un ponceau en béton	légère	appréciable	importante	très importante

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
9 - Perte de matériaux au pourtour d'un ponceau en acier ou en PEHD				présence ⁽¹⁾
10 - Affouillement du lit à l' entrée ou à la sortie d'un ponceau	aucun à léger	appréciable	important	très important
11 - Affouillement sous un ponceau à contour fermé ou le long d'un ponceau à contour ouvert				présence ⁽¹⁾
12 - Soulèvement d'une extrémité de ponceau au-dessus du lit du cours d'eau				présence
13 - Défauts ou perte de matériaux ou pièce mal assujettie observés sur un ouvrage de protection à l'extrémité d'un ponceau pouvant affecter son aptitude à jouer son rôle	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 30 %)	de façon importante (de 30 à 50 %)	de façon très importante (plus de 50 %)
1. L'ingénieur responsable doit être immédiatement avisé de l'état de la situation et de l'importance du défaut observé.				

12.7 EXEMPLES

12.7.1 Les ponceaux

Exemple 1

Élément :
Dalle d'un ponceau



Défauts observés :

- Éclatement et corrosion très importante des armatures (diminution de section supérieure ou égale à 30 %) sur une zone correspondant à 20 % de la surface de la dalle;
- Délaminage sur 20 % de la surface;
- Désagrégation moyenne sur 40 % de la surface;
- Traces de rouille sur 20 % de la surface;
- Défauts de matériaux réduisant de façon très importante la capacité du ponceau à supporter les charges.

Matériau : A = 0 %, B = 60 %, C = 20 %, D = 20 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 2

Élément :
Murs d'un ponceau en
béton armé



Défauts observés :

- Fissures de plus de 3 mm sur un seul des deux murs dont la longueur équivaut à 15 % de la surface;
- Désagrégation importante sur 20 % de la surface ;
- Le reste de l'élément est en bon état;
- Fléchissement très important du mur et défauts de matériaux réduisant de façon très importante la capacité du ponceau à supporter les charges.

Matériau : A = 65 %, B = 0 %, C = 20 %, D = 15 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 3

Élément :
Voûte d'un ponceau en
acier



Défauts observés :

- Déformation locale appréciable de la section transversale du ponceau;
- Le reste de l'élément est en bon état.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 4

Élément :
Voûte d'un ponceau en
acier



Défauts observés :

- Déformation globale très importante de la section transversale du ponceau;
- Le reste de l'élément est en bon état.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) :
L'ingénieur responsable doit
être avisé immédiatement.

1

Exemple 5

Élément :
Coins inférieurs
d'un ponceau en
acier



Défauts observés :

- Corrosion très importante avec perforations localisées sur 10 % de la surface du coin;
- Corrosion moyenne sur le reste de la longueur;
- Les défauts sont les mêmes au coin opposé.

Matériau : A = 0 %, B = 90 %, C = 0 %, D = 10 %

Comportement (CEC) :

2

Exemple 6

Élément :
Coins inférieurs
d'un ponceau en
acier



Défauts observés :

- Corrosion moyenne sur toute la surface des deux coins inférieurs;
- Fissuration au pourtour des boulons sur 40 % de la longueur sur une même ligne. L'autre coin n'est pas fissuré;
- La longueur des fissures sur le pourtour des boulons est comparable à l'espacement longitudinal entre deux boulons.

Matériau : A = 0 %, B = 80 %, C = 0 %, D = 20 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 7

Élément :
Coins inférieurs d'un
ponceau en acier



Défauts observés :

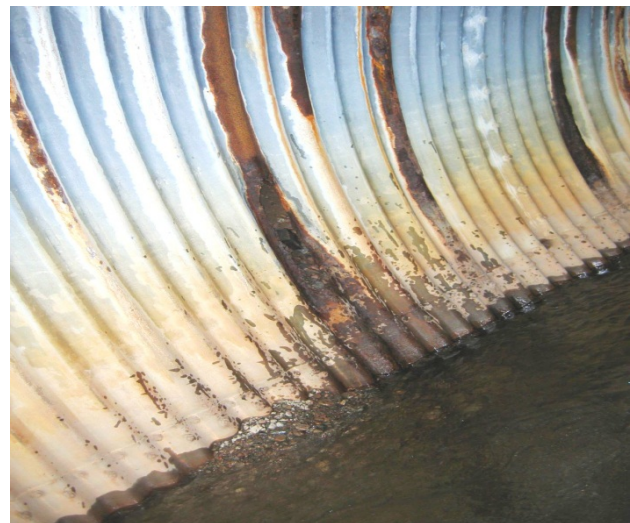
- Aucun défaut de matériau observé;
- Voilement des ondulations de la paroi sur environ 30 % de la longueur du ponceau (un seul côté affecté) réduisant de façon appréciable la capacité structurale du ponceau.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 8

Élément :
Coins inférieurs d'un
ponceau en acier



Défauts observés :

- Corrosion avec perforations locales sur 20 % de la surface des deux coins;
- Corrosion moyenne sur le reste de l'élément;
- Perte de matériau au pourtour du ponceau.

Matériau : A = 0 %, B = 80 %, C = 0 %, D = 20 %

Comportement (CEC) : 1
L'ingénieur responsable doit
être avisé immédiatement

Exemple 9

Élément :
Radier d'un ponceau
en acier



Défaut observé :

- Corrosion moyenne sur 50% de la surface;
- Corrosion importante sur 25% de la surface;
- Corrosion très importante et perforations locales sur environ 25% de la surface

Matériau : A = 0%, B = 50 %, C = 25 %, D = 25 %

Comportement (CEC) : 2

Exemple 10

Élément :
Fondation



Défaut observé :

- Affouillement (minage) sous le ponceau.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 1
L'ingénieur responsable doit être
avisé immédiatement

Exemple 11

Élément :
Radier d'un
ponceau en acier



Défauts observés :

- Corrosion moyenne sur toute la surface de l'élément;
- Soulèvement de l'extrémité du ponceau.

Matériau : A = 0 %, B = 100 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 1

12.7.2 Les ouvrages de protection

Exemple 12

Élément :
Mur de tête en gabions



Défauts observés :

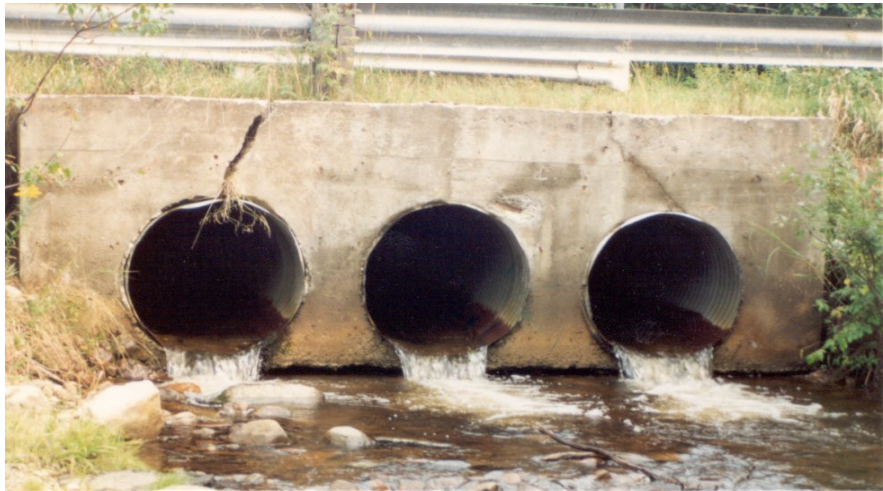
- Environ 20 % des paniers ont des fils sectionnés et ont perdu des pierres;
- La perte de pierres des paniers à la base affecte de façon très importante la stabilité du mur de tête.

Matériau : A = 80 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 20 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 13

Élément :
Mur de tête en béton
armé



Défauts observés :

- Fissures larges de plus de 3 mm correspondant à environ 5 % de la surface;
- Le reste de la surface est en bon état;
- Défauts de matériaux et perte de matériaux granulaires réduisant de façon appréciable la capacité du mur à supporter les charges.

Matériau : A = 95 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 5 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 14

Élément :
Mur d'aile en sacs de
sable-ciment



Défauts observés :

- Dégradation importante des sacs en sable-ciment sur environ 30 % de la surface;
- Dégradation moyenne sur le reste de la surface;
- Défauts de matériaux et affouillement pouvant affecter de façon importante l'aptitude de l'élément à jouer son rôle.

Matériau : A = 0 %, B = 70 %, C = 30 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 2

Exemple 15

Élément :
Mur de tête en sacs de
sable-ciment



Défauts observés :

- Dégradation importante des sacs de sable-ciment sur 5 % de la surface;
- Dégradation moyenne sur 30 % de la surface;
- Le reste est considéré comme étant en bon état;
- Les défauts de matériaux n'affectent pas la capacité des murs à supporter les charges.

Matériau : A = 65 %, B = 30 %, C = 5 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 4

CHAPITRE 13

MURS

TABLE DES MATIÈRES

13.1	GÉNÉRALITÉS	13-1
13.2	LES MURS DE SOUTÈNEMENT	13-1
13.2.1	Les défauts de la fondation d'un mur de soutènement	13-2
13.2.2	Les défauts du mur de soutènement	13-3
13.3	LES AUTRES TYPES DE MURS	13-7
13.4	L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU	13-7
13.5	L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT	13-8
13.5.1	Généralités	13-8
13.5.2	Évaluation de la fondation et du mur	13-8
13.6	EXEMPLES	13-10

FIGURES

Figure 13.2-1	Renversement d'un mur de soutènement	13-13-4
Figure 13.2-2	Déplacement latéral d'un mur	13-13-5

TABLEAUX

Tableau 13.1-1	Éléments des murs	13-1
Tableau 13.4-1	Critères spécifiques – Matériau – Mur	13-7
Tableau 13.5-1	Critères spécifiques – Comportement – Mur	13-9

13.1 GÉNÉRALITÉS

Le présent chapitre traite des murs. Dans le système GSQ-6026, les murs sont divisés en deux catégories :

- les murs de soutènement;
- les autres types de mur.

Les murs de soutènement sont des ouvrages utilisés pour retenir le remblai entre deux paliers lorsqu'un remblai avec un talus en pente ne peut être construit. Ces murs sont soumis aux pressions horizontales produites par le remblai ainsi qu'aux surcharges qui le sollicitent. Quant aux autres types de mur, leur fonction est la protection des usagers de la route et de la population aux abords des routes contre les effets négatifs de la circulation au niveau sonore ou visuel. Il s'agit de murs antibruit (écrans sonores) et d'écrans visuels.

Les éléments qui font partie des groupes « Mur de soutènement » et « Autres types de mur » sont traités dans le présent chapitre. Il s'agit des éléments présentés dans le tableau 13.1-1.

Tableau 13.1-1 Éléments des murs

Groupe	Élément	Niveau d'importance ⁽¹⁾	Caractéristiques dimensionnelles ⁽²⁾
Mur de soutènement	Fondation	P	S. O.
	Mur	P	Surface
Autres types de murs	Fondation	S	S. O.
	Mur	S	Surface

1. P : principal

S : secondaire

2. Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures*.

13.2 LES MURS DE SOUTÈNEMENT

Les principaux types de murs de soutènement sont :

- le mur poids;
- le mur en porte-à-faux;
- le remblai renforcé.

Le mur poids est conçu pour que son propre poids résiste à l'action de renversement et de glissement produite par la poussée du remblai. Le mur poids est habituellement construit en béton de masse (non armé ou faiblement armé), en blocs de béton imbriqués, en maçonnerie, en sacs de sable-ciment ou en gabions. Le mur caisson est également un mur poids. Le mur caisson est une charpente en bois ou en acier qui sert de contenant pour un volume de matériaux (gravier ou pierres).

Le mur en porte-à-faux est un ouvrage en béton armé, coulé en place ou préfabriqué, dont l'action stabilisatrice est produite par son poids propre et par le poids du remblai déposé sur la partie arrière de sa semelle.

Le remblai renforcé est un ouvrage formé d'un remblai renforcé par des inclusions, qui existent sous la forme d'armatures en acier, de treillis métallique ou de géogrilles distribuées uniformément à travers le remblai, et d'une paroi, en façade, qui peut être en blocs de béton armé, en blocs en béton imbriqués, en gabions ou de treillis métallique. L'ensemble constitue un massif monolithique et il est aussi considéré comme un mur poids.

13.2.1 Les défauts de la fondation d'un mur de soutènement

La fondation d'un mur de soutènement peut être superficielle ou profonde et sa principale fonction consiste à supporter les charges imposées sans mouvement appréciable, car un mouvement important peut entraîner des dommages considérables à la structure qu'elle supporte. Les défauts de la fondation qui sont susceptibles de survenir sont les suivants :

- le tassement;
- la rupture;
- l'affouillement et l'érosion;
- la détérioration de la semelle et des pieux.

Ces défauts sont les mêmes que ceux décrits à la section 6.3 du chapitre 6 « Unités de fondation »

Les mouvements de la fondation peuvent être détectés par l'observation de certains défauts ou irrégularités dans le mur. Les indices qui permettent de détecter les mouvements sont les suivants :

- une perte d'aplomb du mur;
- une dépression dans le profil du dessus du mur ou une déviation dans l'alignement;
- une fissure importante et parallèle au mur sur le dessus du remblai;
- un affaissement de la route ou du remblai le long du mur.

Ces défauts peuvent également s'appliquer à la fondation des autres types de mur.

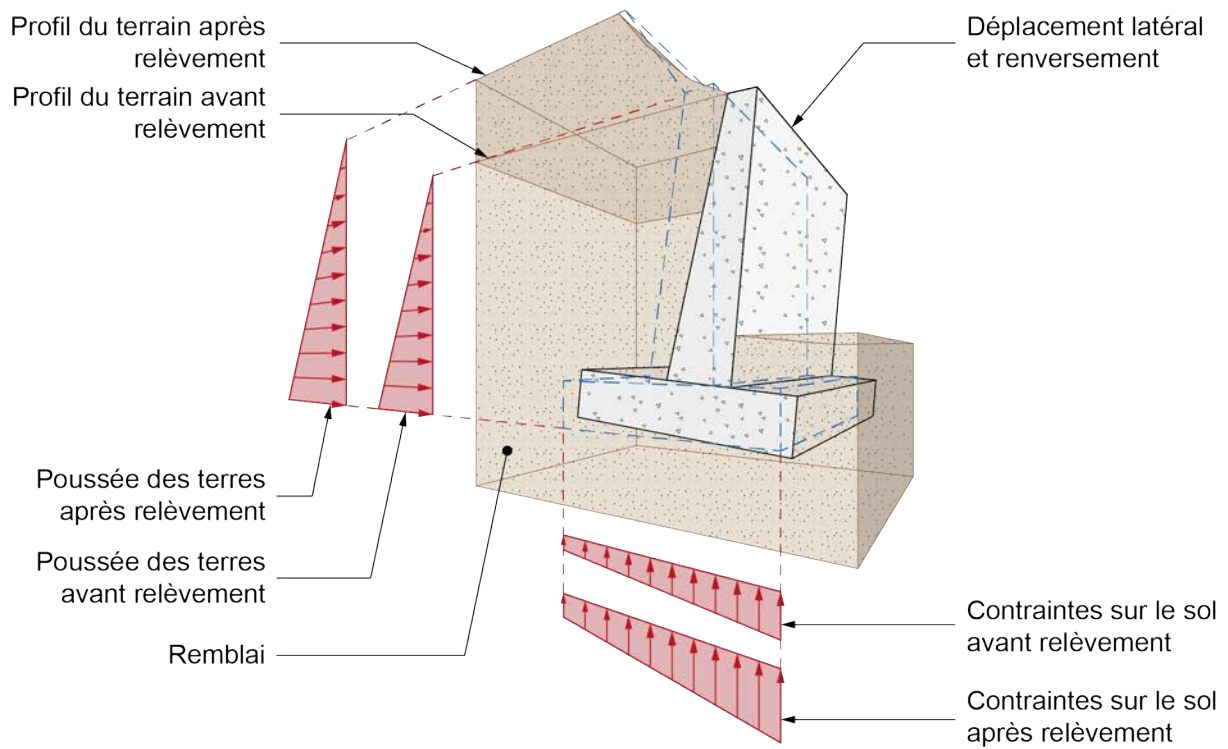
13.2.2 Les défauts du mur de soutènement

Le mur de soutènement peut être affecté par plusieurs défauts, dont le renversement, le déplacement latéral et d'autres défauts surtout reliés aux matériaux.

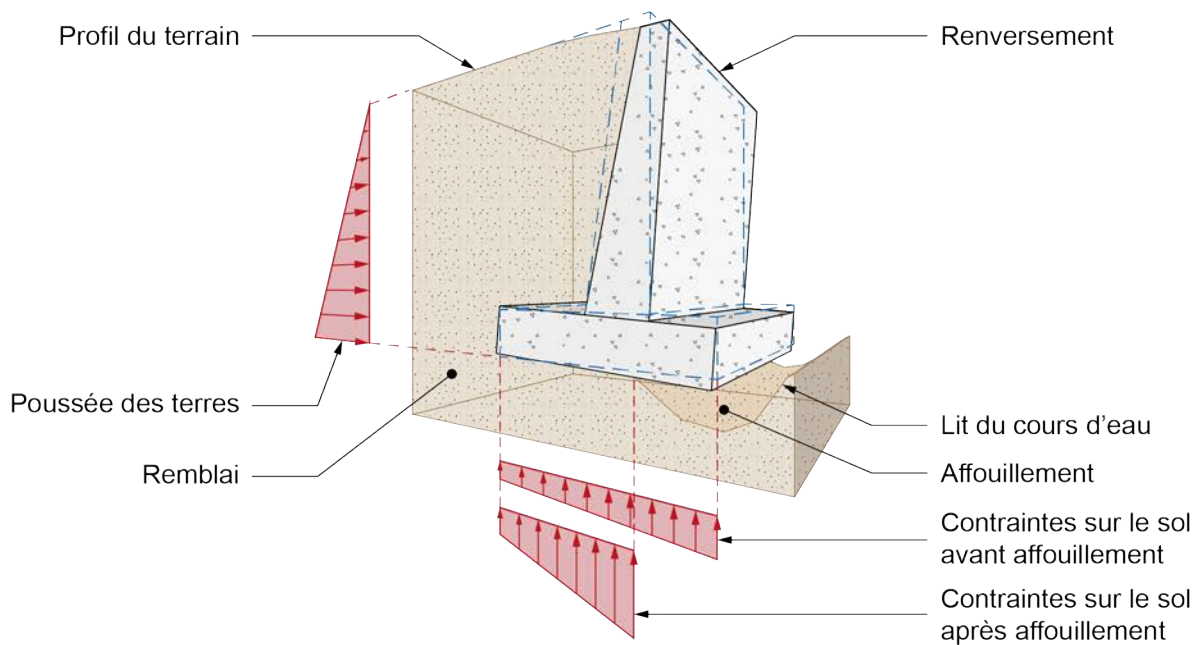
13.2.2.1 Le renversement

Un mur peut renverser lorsque l'action stabilisatrice des charges verticales est trop faible pour contrebalancer les forces produites par la poussée des terres.

Les facteurs les plus probables pouvant entraîner la perte d'aplomb d'un mur, voire son renversement sont l'augmentation importante de la poussée des terres ou la diminution de la capacité de support de la fondation. L'augmentation de la poussée des terres peut être causée par le relèvement de la hauteur du remblai à supporter ou par la présence d'eau derrière le mur en raison d'un mauvais drainage. La diminution de la capacité de support de la fondation peut résulter de l'affouillement et de l'érosion du sol de fondation ou de la détérioration de la semelle ou des pieux qui la supportent. La figure 13.2-1 montre le renversement d'un mur.



Renversement dû à l'augmentation de la hauteur du remblai



Renversement dû à l'affouillement

Figure 13.2-1 Renversement d'un mur de soutènement

13.2.2.2 Le déplacement latéral (glissement)

Un mur peut se déplacer latéralement lorsque la force de frottement produite par les charges verticales est trop faible pour contrebalancer la force horizontale produite par la poussée des terres.

Ce défaut affecte la stabilité du mur et il peut être causé par une augmentation de la poussée des terres résultant d'une augmentation de la hauteur du remblai ou de la rétention de l'eau dans celui-ci. Il est également possible qu'une diminution de la butée qui est située à l'avant du mur et qui retient une partie de la poussée provoque un déplacement latéral (figure 13.2-2). La diminution de la butée est généralement le résultat de l'enlèvement de matériaux lors de travaux d'excavation.

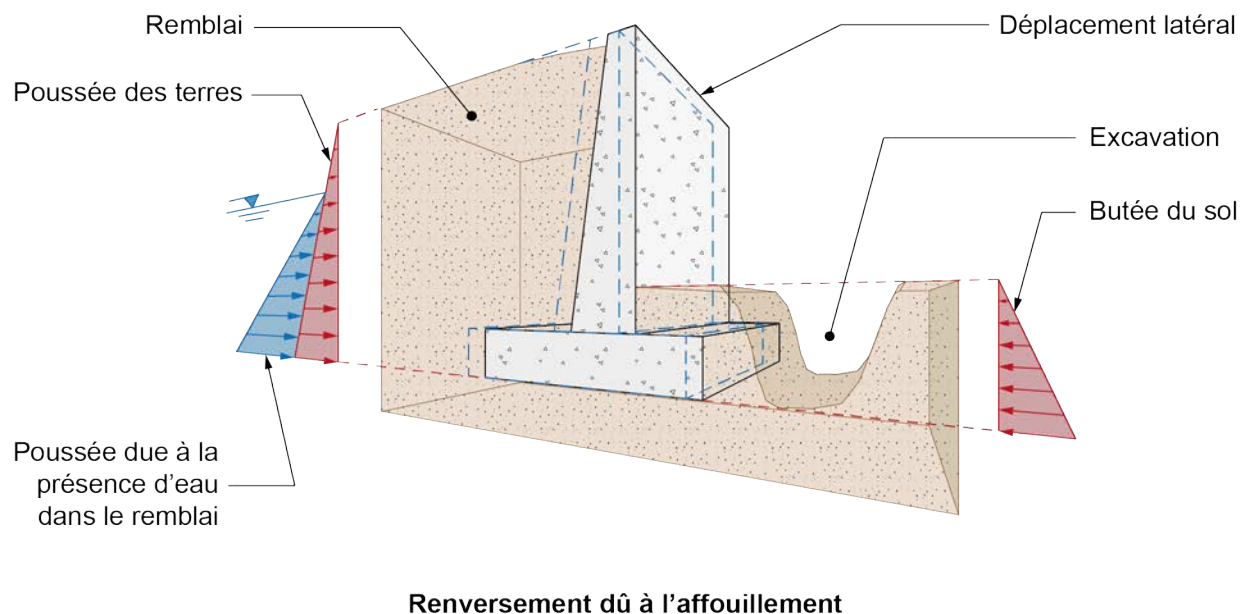


Figure 13.2-2 Déplacement latéral d'un mur

13.2.2.3 Les autres défauts

En plus des mouvements qui peuvent compromettre la stabilité, les murs peuvent être affectés par les défauts liés au matériau qui les constitue. Ainsi, les défauts du béton, de l'acier, du bois et de la maçonnerie, décrits dans le chapitre 4 « Défauts de matériaux », peuvent être observés. Ces défauts peuvent réduire la capacité des éléments à supporter les charges particulièrement lorsqu'ils sont importants ou très importants et qu'ils sont observés sur une partie significative de l'ouvrage.

Les principaux défauts de matériaux qui peuvent avoir une incidence sur le comportement d'un mur sont les suivants :

- la désagrégation, l'érosion par abrasion, le délaminage et l'éclatement du béton;
- la corrosion des armatures;
- la présence de fissures verticales dans le béton ou la maçonnerie produites par le tassement de la fondation;
- la perte de mortier dans les joints en maçonnerie;
- la désagrégation du mortier ou des blocs;
- la corrosion des pièces et des joints d'assemblage en acier;
- la présence de fissures dans l'acier;
- le bombement d'un caisson en acier (déformation permanente), indice d'une incapacité à supporter les efforts créés par les matériaux de remplissage;
- la déflexion de palplanches (déformation permanente), indice d'une incapacité à supporter les charges;
- les pièces de bois endommagées par la pourriture ou les trous d'insecte;
- l'écrasement des pièces de bois à leurs points de rencontre;
- la fêlure ou la rupture du bois ;
- la corrosion ou la rupture des fils des paniers de gabions;
- la détérioration des sacs de sable-ciment.

D'autres défauts peuvent avoir une incidence sur le comportement d'un mur. Il s'agit des défauts suivants :

- les composants désalignés ou manquants ;
- les pièces mal assujetties;
- le bombement d'un caisson, indice d'une incapacité à supporter les efforts créés par les matériaux de remplissage;
- la fuite des matériaux de remplissage par les ouvertures qui affectent sa stabilité (mur caisson);

13.3 LES AUTRES TYPES DE MURS

Les autres types de mur sont les murs antibruit (écrans sonores) et les écrans visuels. Ils peuvent être affectés par le même genre de défauts que les murs de soutènement, c'est-à-dire les défauts reliés à leurs matériaux ainsi que ceux pouvant affecter leur stabilité.

13.4 L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU

L'évaluation de l'état du matériau doit être réalisée pour les murs de soutènement et les autres types de mur. Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les tableaux de défauts des matériaux courants présentés dans le chapitre 4;

et

les critères spécifiques d'évaluation de l'état du matériau des murs présentés au tableau 13.4-1.

L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui, lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts des matériaux observés.

L'inspecteur doit déterminer le pourcentage de l'élément qui se trouve dans chacun des quatre états (A, B, C, D).

Contrairement au principe général du système d'inspection, seul le comportement de la fondation est évalué.

Tableau 13.4-1 Critères spécifiques – Matériau – Mur

Défauts de matériaux observés	État			
	A	B	C	D
1 - Dégradation des sacs sable-ciment	aucune à légère	moyenne	importante	très importante
2 - Fils de paniers de gabions		corrodés	sectionnés	sectionnés avec perte de pierres

Note : Pour les matériaux courants, se référer aux tableaux 4.8-1 à 4.8-6.

13.5 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

13.5.1 Généralités

Pour évaluer le comportement d'un élément, l'inspecteur doit juger de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure.

Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les critères généraux présentés au tableau 3.4-1;

ou évaluer l'importance des défauts observés en utilisant :

les critères spécifiques établis pour les éléments de la fondation et du mur présentés aux tableaux 13.5-1.

Les cotes de comportement qui ne peuvent être déterminées à partir des critères mentionnés ci-dessus doivent être évaluées selon le jugement de l'inspecteur. L'inspecteur doit toujours noter, avec photographies à l'appui lorsque nécessaire, la gravité et l'ampleur des défauts de comportement observés.

Le niveau d'importance de l'élément, à savoir s'il s'agit d'un élément principal ou secondaire, doit être pris en compte lors de l'évaluation de la cote de comportement (cote CEC).

Les éléments en béton situés aux abords des voies de circulation routière, ferroviaire ou piétonnière doivent être inspectés minutieusement de manière à détecter les risques de chute de fragments de béton sur les usagers. Lorsqu'une telle situation se présente, une opération de sécurisation et un suivi doivent être réalisés, comme décrit à la section 3.9 du chapitre 3 « Évaluation de l'état des éléments d'une structure ».

13.5.2 Évaluation de la fondation et du mur

Le tableau 13.5-1 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement de la fondation et du mur. Dans le cas d'un mur de soutènement, la fondation et le mur sont considérés comme des éléments principaux dans le système d'évaluation. Par contre, lorsqu'il s'agit d'un autre type de mur, la fondation et le mur sont considérés comme des éléments secondaires. Les défauts qui ont une incidence sur le comportement de ces éléments et sur lesquels une attention particulière doit être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- les mouvements affectant la stabilité du mur;
- les défauts de matériaux pouvant réduire la capacité de l'élément à supporter les charges ou à jouer son rôle;
- les pièces mal assujetties pouvant réduire la capacité de l'élément à supporter les charges ou à jouer son rôle;

- la perte de matériaux sous la semelle d'une fondation produite par l'affouillement ou l'érosion.

Tableau 13.5-1 Critères spécifiques – Comportement – Mur

Défauts de comportement observés	CEC			
	4	3	2	1
1 - Mouvement affectant la stabilité du mur	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
2 - Défauts de matériaux pouvant réduire la capacité d'un élément principal à supporter les charges ou pouvant affecter sa stabilité	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 20 %)	de façon importante (de 20 à 30 %)	de façon très importante (plus de 30 %)
3 - Défauts de matériaux pouvant réduire la capacité d'un élément secondaire à supporter les charges ou pouvant affecter sa stabilité	aucunement à légèrement (moins de 10 %)	de façon appréciable (de 10 à 30 %)	de façon importante (de 30 à 50 %)	de façon très importante (plus de 50 %)
4 - Pièce mal assujettie affectant la capacité d'un mur à jouer son rôle	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
5 - Perte de matériaux sous la semelle d'une fondation superficielle				présence ⁽¹⁾
6 - Perte de matériaux sous la semelle d'une fondation profonde d'un mur de soutènement (élément principal)	aucune à légère (moins de 10 %)	appréciable (de 10 à 20 %)	importante (de 20 à 30 %)	très importante (plus de 30 %)
7 - Perte de matériaux sous la semelle d'une fondation profonde d'un autre type de mur (élément secondaire)	aucune à légère (moins de 10 %)	appréciable (de 10 à 30 %)	importante (de 30 à 50 %)	très importante (plus de 50 %)
8 - Bombement d'un caisson en bois	aucun à léger	appréciable	important	très important
1. L'ingénieur responsable doit être immédiatement avisé de l'état de la situation et de l'importance du défaut observé.				

13.6 EXEMPLES

Exemple 1

Élément :
Mur de
soutènement
en béton



Défaut observé :

- Aucun défaut de matériau n'est observé, mais il y a un mouvement persistant affectant de façon très importante la stabilité du mur.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 %

Comportement (CEC) : 1

Exemple 2

Élément :
Mur de
soutènement
en maçonnerie



Défauts observés :

- Désagrégation très importante et perte de pierres sur 10 % de la surface du mur;
- Désagrégation importante sur 30 % de la surface;
- Désagrégation moyenne sur 60 % de la surface;
- Défauts pouvant affecter la stabilité du mur de façon appréciable.

Matériau : A = 0 %, B = 60 %, C = 30 %, D = 10 %

Comportement (CEC) : 3

Exemple 3

Élément :
Remblai renforcé
avec paroi en acier



Défauts observés :

- Corrosion et perforation de l'acier sur environ 5 % de la surface du mur;
- Le reste est en bon état;
- Défauts pouvant affecter la stabilité du mur de façon appréciable.

Matériau : A = 95 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 5 %

Comportement (CEC) : 3

CHAPITRE 14

SÉCURITÉ LORS DES INSPECTIONS

TABLE DES MATIÈRES

14.1	LA SÉCURITÉ LORS DES INSPECTIONS	14-1
14.1.1	Le rôle des intervenants	14-2
14.1.2	L'équipe d'inspection	14-3
14.2	LES ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ	14-4
14.2.1	L'équipement de protection individuelle	14-4
14.2.2	L'équipement de sauvetage	14-5
14.2.3	L'équipement d'urgence	14-6
14.3	LA SIGNALISATION	14-6
14.3.1	Les dispositifs de signalisation	14-6
14.3.2	L'inspection ne nécessitant pas de signalisation	14-7
14.4	LE VÉHICULE D'INSPECTION	14-7
14.5	LES DANGERS RELIÉS À L'INSPECTION	14-8
14.5.1	Généralités	14-8
14.5.2	L'inspection au-dessus du sol	14-9
14.5.3	L'inspection au-dessus de l'eau ou en marchant dans l'eau	14-9
14.5.4	L'inspection sur l'eau	14-10
14.5.5	L'inspection sur la glace	14-10
14.5.6	L'inspection dans les espaces clos	14-11
14.5.7	L'inspection à proximité d'une ligne électrique	14-12
14.5.8	L'inspection au moyen d'une échelle	14-13
14.5.9	L'inspection au moyen d'un échafaudage volant	14-13
14.5.10	L'inspection au moyen d'une nacelle ou d'une passerelle aérienne	14-13
14.5.11	L'inspection sous l'eau	14-15
14.5.12	L'inspection en appui sur cordes	14-15

14.5.13	L'inspection dans des endroits contaminés	14-15
14.5.14	L'inspection aux abords des voies de chemin de fer	14-16
14.6	LES RÉFÉRENCES	14-16

14.1 LA SÉCURITÉ LORS DES INSPECTIONS

La Loi sur la santé et la sécurité du travail (LRQ, chapitre S-2.1) définit des obligations de l'employeur et du travailleur dont voici quelques extraits :

Le travailleur doit (liste non limitative) :

- prendre connaissance du programme de prévention qui lui est applicable;
- prendre les mesures nécessaires pour protéger sa santé, sa sécurité ou son intégrité physique;
- veiller à ne pas mettre en danger la santé, la sécurité ou l'intégrité physique des autres personnes qui se trouvent sur les lieux de travail ou à proximité des lieux de travail;
- participer à l'identification et à l'élimination des risques d'accidents du travail et de maladies professionnelles sur le lieu de travail.

L'employeur doit (liste non limitative) :

- prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur;
- informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés afin qu'il ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié.

Le but du présent chapitre n'est pas de remplacer les diverses prescriptions incluses dans les lois, les règlements et les codes appropriés. Les dispositions mentionnées ne visent qu'à éveiller l'inspecteur quant aux règles générales de sécurité et celui-ci doit consulter les références pour s'enquérir des textes complets sur les sujets traités.

Conséquemment, l'inspection des structures doit être réalisée en respectant les règles de sécurité mentionnées dans les éditions les plus récentes des règlements, des codes et des normes en vigueur. En cas de non-concordance, c'est l'exigence la plus sévère qui prévaut.

En tout temps, la sécurité des inspecteurs et des usagers présents dans l'environnement immédiat de la structure doit être assurée. La plupart des accidents sont évités lorsque les inspections planifiées sont réalisées en respectant les règles de sécurité.

14.1.1 Le rôle des intervenants

14.1.1.1 L'employeur

Le rôle de l'employeur est :

- d'établir les règles et les procédures relatives à la sécurité lors des inspections de structures;
- de prendre les dispositions pour qu'une formation adéquate en santé et sécurité soit donnée au personnel d'inspection;
- de fournir gratuitement les équipements de sécurité nécessaires à l'exécution des activités d'inspection;
- de s'assurer que le personnel d'inspection connaît et respecte les règles, les procédures relatives à la santé et à la sécurité, et possède un entraînement adéquat;
- de s'assurer que les équipements de sécurité et les équipements d'accès sont disponibles, sécuritaires et maintenus en bonne condition;
- de s'assurer que le personnel d'inspection est en nombre suffisant pour faire face aux conditions particulières du site d'inspection;
- de s'assurer que les mesures appropriées sont prises afin d'éviter les actions ou les situations dangereuses.

14.1.1.2 Le personnel d'inspection

Chaque inspecteur devrait être en mesure de travailler, sans témérité, en hauteur, dans une échelle, sur un échafaudage, à bord d'une nacelle ou d'une passerelle aérienne. Il devrait pouvoir aussi travailler sur des surfaces à parois inclinées ou glissantes ou encore, dans des conditions climatiques parfois difficiles.

Sur le site d'inspection, chaque inspecteur doit :

- se conformer aux règles et aux procédures de sécurité établies;
- utiliser les équipements de sécurité requis et adaptés à la situation;
- signaler et interdire l'utilisation de tout équipement de sécurité défectueux;
- identifier les risques réels ou potentiels et prendre les actions appropriées afin de les éliminer ou de s'en protéger;
- avertir l'employeur de toute situation pouvant réduire la capacité de chacun à réaliser l'inspection en toute sécurité.

14.1.2 L'équipe d'inspection

Chaque membre de l'équipe d'inspection doit avoir pris connaissance des lois, des règlements, des codes et du programme de prévention régissant son domaine d'activité.

14.1.2.1 Composition de l'équipe d'inspection

À des fins de sécurité, un **minimum** de deux personnes est requis pour l'inspection des structures. L'équipe d'inspection doit être accompagnée d'une troisième personne ou plus lorsque l'inspection s'effectue :

- sur l'eau;
- au-dessus de l'eau, lorsqu'il y a danger de chute et qu'il existe un risque de noyade; cela n'est valable que lorsque les inspecteurs ne peuvent être attachés ou protégés par un dispositif de retenue;
- sur la glace;
- au moyen d'un échafaudage volant, d'une nacelle ou d'une passerelle aérienne;
- à l'intérieur d'un espace clos.

Au moins une personne doit être disponible pour toute opération de sauvetage, l'une d'elles étant postée hors de l'eau ou du champ de glace, ou à l'entrée d'un endroit clos. Celle-ci doit demeurer continuellement à portée de vue ou de voix. Dans le cas où les inspecteurs ne peuvent être visibles, un système de communication performant doit être utilisé.

L'employeur doit déterminer le besoin en personnel additionnel suivant les conditions particulières du site d'inspection.

14.1.2.2 La formation du personnel d'inspection

Tout le personnel affecté à l'inspection des structures doit recevoir une formation en santé et sécurité et être informé sur la bonne utilisation des équipements de sécurité.

Il est conseillé aux inspecteurs de suivre le cours de santé et sécurité générale sur les chantiers de construction et recevoir, préférablement, une formation spécifique sur les normes de signalisation. Mentionnons ici que le cours de santé et sécurité générale sur les chantiers de construction est obligatoire si l'inspecteur doit se rendre sur un chantier pour inspecter une structure.

L'inspecteur qui doit opérer un engin élévateur à nacelle, une plate-forme élévatrice ou un échafaudage à tour et à plate-forme doit avoir préalablement suivi une formation sur l'utilisation sécuritaire de ce type d'équipement.

Lorsque l'inspection nécessite des techniques de progression sur cordes, le personnel affecté à l'inspection doit recevoir une formation et être assisté par une firme expérimentée, spécialisée dans les travaux en appui sur cordes, à moins que les inspecteurs ne possèdent des compétences particulières dans le domaine de l'escalade.

14.2 LES ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ

14.2.1 L'équipement de protection individuelle

L'inspecteur doit utiliser les équipements de protection individuelle suivant en fonction des risques auxquels il est exposé :

- un casque de sécurité conforme à la norme CAN/CSA-Z94.1, adapté à l'environnement de travail et muni d'un dispositif pour l'empêcher de tomber;
- des chaussures de protection conformes à la norme CAN/CSA-Z195 « Chaussures de protection ». Les chaussures doivent être adaptées aux types de terrains rencontrés;
- des bottes de caoutchouc ou des cuissardes;
- des bottes-pantalon;
- un vêtement de sécurité à haute visibilité adapté;
- un harnais de sécurité, un cordon d'assujettissement avec absorbeur d'énergie, une corde d'assurance d'au moins 15 m, une sangle d'attache et un coulisseau;
- un vêtement de flottaison individuel;
- un vêtement de protection contre l'hypothermie en cas d'immersion dans l'eau dont la température pourrait être inférieure à 15 °C;
- des vêtements de rechange ou des couvertures;
- des gants de travail;
- un imperméable;
- des lunettes de sécurité;
- des protecteurs auditifs adaptés au type de bruit ambiant;
- une combinaison de travail;
- un bâton pour progresser sur des surfaces inclinées ou glissantes (limon);
- des vêtements de protection et des bottes jetables;
- des masques jetables;
- un appareil de détection multigaz (déficience en oxygène ou risques liés à l'atmosphère);

- un équipement de communication ou d'avertissement tel qu'un émetteur-récepteur portatif ou un sifflet.

En ce qui concerne le vêtement de flottaison individuel, celui-ci doit être adapté à la situation de travail et porter un tampon ou une étiquette d'approbation de Transports Canada. Idéalement, l'équipement devrait pouvoir être en mesure de permettre le redressement du corps et le maintien de la tête hors de l'eau, et ce, sans effort des bras surtout dans le cas où le travailleur pourrait être inconscient.

Dans le cas où la température de l'eau serait inférieure à 15 °C, si un inspecteur utilise un vêtement de flottaison contre l'hypothermie à titre d'équipement de sauvetage, celui-ci devrait aussi permettre le redressement du corps et le maintien de la tête hors de l'eau. Si le vêtement de flottaison ne possède pas les propriétés précitées, l'inspecteur devrait porter un vêtement de flottaison individuel par-dessus celui-ci.

De plus, l'inspecteur doit tenir compte du poids de l'équipement qu'il transporte sur lui dans l'évaluation de la flottabilité du vêtement de flottaison individuel.

14.2.2 L'équipement de sauvetage

Conformément à l'article 357 du Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RRQ, S-2.1, r. 13), outre les vêtements de flottaison individuels, les équipements de sauvetage suivants doivent être mis à la disposition des inspecteurs travaillant au-dessus de l'eau :

- une embarcation motorisée en bon état, placée dans l'eau près des lieux de travail et munie :
 - d'une bouée de sauvetage reliée à un câble de chanvre de Manille d'un diamètre de 10 mm et d'au moins 15 m de longueur;
 - d'une gaffe;
 - de vêtements de flottaison individuels en nombre suffisant pour le nombre de sauveteurs;
 - de rames;
- s'il y a du courant, un câble auquel sont reliés des flotteurs capables de supporter une personne dans l'eau;
- un système d'alarme pour déclencher les opérations de sauvetage.

Une personne doit être nommément désignée pour diriger les opérations de sauvetage.

De plus, en présence de courant, l'embarcation doit être équipée d'un moteur suffisamment puissant afin de pouvoir remonter le cours d'eau s'il y a du courant.

14.2.3 L'équipement d'urgence

Une trousse de premiers soins, adaptée à l'équipe d'inspection, doit être disponible à l'intérieur du véhicule d'inspection.

Dans tous les cas, le contenu de la trousse doit être conforme à l'article 5 du Règlement sur les normes minimales de premiers secours et de premiers soins.

Chaque inspecteur devrait avoir suivi et réussi le cours de secourisme en milieu de travail et maintenir la validité de sa qualification.

14.3 LA SIGNALISATION

La signalisation permet d'avertir les usagers de la route des travaux en cours, de réduire au minimum les risques de blessures pouvant affecter les usagers ainsi que le personnel d'inspection et de protéger le véhicule d'inspection contre des dommages éventuels causés par une collision.

14.3.1 Les dispositifs de signalisation

Les dispositifs de signalisation doivent être installés conformément aux normes établies par le ministère des Transports, contenues dans le *Tome V – Signalisation routière* de la collection Normes – Ouvrages routiers. Une grande partie de ces normes est réglementée en vertu du Code de la sécurité routière (LRQ, c. C-24.2) et des directives du Plan d'action en matière de sécurité sur les sites de travaux routiers lorsqu'applicables.

Les panneaux de signalisation et le véhicule d'inspection doivent être situés sur le même accotement que les inspecteurs.

Lorsque l'inspection s'effectue à partir de l'accotement ou de la voie de circulation, une signalisation conforme aux dispositions du *Tome V – Signalisation routière* de la collection Normes – Ouvrages routiers, doit être mise en place, et ce, en fonction :

- du type d'inspection;
- de la géométrie verticale et horizontale de la route;
- du débit de la circulation;
- de la vitesse affichée;
- des distances de visibilité et d'arrêt requises.

Avant de se présenter sur les lieux de l'inspection, l'équipe d'inspection doit obtenir les planches de signalisation ou les plans de signalisation signés et scellés par un ingénieur compétent dans le domaine et applicables à chacun des sites d'inspection.

Sur les lieux, les inspecteurs doivent vérifier la conformité de la signalisation en place avec les planches ou les plans préalablement fournis. Dans le cas de non-concordance, l'inspection doit être interrompue jusqu'à ce que les mesures correctives soient apportées.

Les dispositifs de signalisation doivent être installés de façon à être clairement visibles. Lors de la mise en place et du démantèlement de la signalisation, il peut être nécessaire d'utiliser le véhicule d'inspection. À ce moment, le véhicule doit être équipé, sur le toit, d'un gyrophare, d'une barre d'éclairage ou encore d'une flèche de signalisation, selon les besoins propres du site, comme avertissement. Cet équipement doit fonctionner lorsque l'équipe d'inspection travaille sur une partie de la voie de circulation.

La signalisation doit être retirée lorsque l'équipe d'inspection n'a plus à travailler sur la partie de la chaussée où celle-ci est installée.

14.3.2 L'inspection ne nécessitant pas de signalisation

Aucune signalisation routière n'est nécessaire lorsque l'inspection est effectuée, entre autres, aux endroits suivants :

- à l'extérieur des bordures surélevées d'une chaussée;
- sur le côté extérieur d'une chaussée à une distance de 3 m et plus des voies de circulation.

L'article 4.42.3 du chapitre 4 « Travaux » du *Tome V – Signalisation routière* de la collection Normes – Ouvrages routiers précise d'autres cas où la signalisation n'est pas nécessaire.

14.4 LE VÉHICULE D'INSPECTION

Le véhicule d'inspection devrait être clairement identifié à l'aide d'une enseigne sur chaque côté du véhicule.

L'inspecteur doit s'assurer que tout le matériel est solidement attaché ou remisé dans le coffre afin d'éviter la projection d'objets à travers l'habitacle en cas de collision. Dans certains types de véhicules, un grillage de protection peut être installé afin de séparer la partie d'entreposage de la partie destinée aux passagers.

De plus, selon les conditions existantes, un véhicule muni d'une flèche de signalisation peut être requis selon les dispositions du *Tome V – Signalisation routière*.

Lors de l'utilisation d'un véhicule non identifié au Ministère, une enseigne temporaire devrait être apposée sur le côté gauche du véhicule. Elle devrait contenir les indications suivantes :

- Transports Québec;
- Inspection de structures.

L'inspecteur qui utilise un véhicule autre qu'un véhicule du Ministère pour l'inspection doit détenir un certificat valide d'utilisation de feux jaunes délivré par la Société de l'assurance automobile du Québec.

14.5 LES DANGERS RELIÉS À L'INSPECTION

14.5.1 Généralités

Concernant les mesures de sécurité à mettre en place, il est important de mentionner que l'employeur a l'obligation de prendre les dispositions nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur.

Lors de toute inspection, chaque membre de l'équipe d'inspection doit utiliser l'équipement de sécurité minimal suivant :

- un casque de sécurité conforme à la norme CAN/CSA-Z94.1;
- un vêtement de sécurité à haute visibilité adapté au site d'inspection;
- des chaussures de protection conformes à la norme CAN/CSA-Z195, « Chaussures de protection ».

Lorsque requis, des équipements de sécurité additionnels doivent être utilisés pour contrer les risques auxquels sont exposés les membres de l'équipe d'inspection.

L'inspection doit être planifiée de façon à éviter le plus possible les impacts sur la circulation des usagers. Elle doit être interrompue si elle présente :

- un danger pour le personnel d'inspection ou pour les usagers de la route;
- un ralentissement inacceptable du débit de circulation (notion d'heure de pointe).

L'inspection proprement dite commence par l'examen de l'environnement immédiat de la structure. L'équipe d'inspection :

- révise le travail à accomplir en notant la présence d'obstacles tels que des arbres, des fils électriques, etc., qui pourraient nuire à une inspection sécuritaire;

- discute des risques inhérents à l'inspection afin d'établir la procédure appropriée pour limiter ou éliminer les risques.

Lors de l'inspection, les inspecteurs doivent :

- surveiller les changements dans le débit de circulation, les distances de visibilité, les niveaux d'eau, les conditions de glace, les conditions atmosphériques;
- s'assurer que l'aire de travail demeure sécuritaire.

14.5.2 L'inspection au-dessus du sol

Lorsqu'il y a danger de chute d'une hauteur de plus de 3 m ou de glissement le long d'une pente abrupte, l'équipement de sécurité additionnel suivant doit être utilisé :

- un harnais de sécurité attaché à un cordon d'assujettissement avec absorbeur d'énergie et relié à un support fixe ou à une corde d'assurance;
- un harnais de sécurité attaché à un cordon d'assujettissement avec absorbeur d'énergie relié à un ancrage ou un dispositif spécialement conçu et fixé à la passerelle aérienne;
- un harnais de sécurité attaché à un cordon d'assujettissement avec absorbeur d'énergie relié à l'ancrage du mât articulé d'une nacelle aérienne.

L'utilisation de cet équipement de sécurité n'est pas obligatoire lorsque l'inspecteur est protégé par des glissières ou des garde-fous.

Dans le cas de progression sur une pente de talus ou encore, sur une surface pouvant être glissante, telle que le fond d'un ponceau ou le lit d'une rivière, l'inspecteur devrait utiliser un bâton ou tout autre dispositif afin de se donner un troisième point d'appui et ainsi assurer son équilibre.

14.5.3 L'inspection au-dessus de l'eau ou en marchant dans l'eau

Tout inspecteur travaillant à proximité, au-dessus de l'eau ou en marchant dans l'eau, excluant la plongée sous-marine, doit porter un vêtement de flottaison individuel conforme si aucune autre mesure de sécurité ne peut le protéger ou si la profondeur de l'eau est suffisante pour qu'il soit utile. Lorsqu'il y a risque de chute dans l'eau, un équipement de sécurité additionnel doit être utilisé.

À noter que sur les voies d'eau navigables, les autorités responsables de la navigation doivent être préalablement informées avant la mise en place d'une ligne de flottaison en travers du cours d'eau.

14.5.4 L'inspection sur l'eau

L'équipe d'inspection doit établir un plan de sauvetage lorsqu'il y a des déplacements sur l'eau et des risques de chute dans l'eau conformément aux dispositions de l'article 357 du Règlement sur la santé et la sécurité du travail.

Lors de l'utilisation d'une embarcation, celle-ci doit être vérifiée et adaptée à la tâche ainsi qu'aux caractéristiques spécifiques du plan d'eau.

14.5.5 L'inspection sur la glace

L'inspection sur la glace devrait idéalement respecter les dispositions mentionnées dans le guide *Travaux sur les champs de glace*, publié par la CNESST, qui constitue une bonne référence en la matière.

Dès qu'il y a risque de noyade par rupture de la glace, les outils et l'équipement de sécurité additionnels suivants doivent être utilisés :

- une vrille à glace ou tout autre outil équivalent;
- un vêtement de flottaison individuel, de préférence un habit thermal de flottaison;
- des vêtements de rechange ou des couvertures;
- une bouée de sauvetage munie d'un câble de chanvre de Manille de 10 mm de diamètre et d'au moins 15 m de longueur;
- un équipement de communication ou d'avertissement tel qu'un émetteur-récepteur portatif ou un sifflet.

Les stipulations des sections 14.5.3 et 14.5.4 du présent chapitre s'appliquent lorsque, simultanément, l'inspection s'effectue en présence d'eau et de glace.

Les inspecteurs peuvent s'enquérir des conditions de la glace auprès des riverains ou d'autres utilisateurs du plan d'eau avant de procéder à toute opération de forage et de vérification de l'épaisseur.

La vérification de l'épaisseur de la glace requiert la présence d'au moins deux personnes équipées de vêtement de flottaison individuel et préféablement d'un vêtement de protection thermique en cas d'immersion. Chaque personne doit se tenir à une distance d'environ 15 m de l'autre. La personne qui effectue les sondages doit également porter un harnais de sécurité attaché à un câble de polypropylène de 10 mm de diamètre et d'au moins 20 m de longueur; ce câble doit être retenu par la personne située à l'arrière. Une autre personne doit rester en permanence sur la terre ferme en cas d'urgence.

L'évaluation de la glace et de sa capacité peut se faire à partir des critères mentionnés dans le guide *Travaux sur les champs de glace*. L'épaisseur effective de la glace est déterminée par la pleine épaisseur de la glace claire, solide et flottante, à laquelle la moitié de l'épaisseur de la glace blanche est ajoutée.

Au moment des vérifications, de longues perches pouvant servir à un éventuel sauvetage en cas d'un bris de la glace doivent être utilisées.

La glace doit être vérifiée régulièrement lorsque les inspecteurs utilisent toujours le même sentier sur celle-ci pour se rendre sur les lieux d'inspection et en revenir.

Une fois la vérification de la glace terminée, les inspecteurs qui y circulent doivent porter un vêtement de flottaison individuel et, idéalement, un vêtement de protection thermique en cas d'immersion. De plus, ils doivent maintenir une distance sécuritaire en fonction de la capacité de la glace.

En tout temps, une personne doit rester sur la terre ferme et demeurer prête à déclencher les mesures d'urgence en cas de problème. Un inspecteur ne doit jamais s'aventurer seul sur la glace sans la surveillance de l'inspecteur situé en dehors du champ de glace. Les inspecteurs doivent toujours rester à l'intérieur de la zone délimitée par les repères de vérification du champ de glace.

Toute inspection à partir de la glace doit être interrompue lorsque :

- l'épaisseur minimale de la glace est insuffisante;
- la glace est grise à la suite d'un dégel et renferme de l'eau;
- la glace est recouverte d'eau;
- des fissures étoilées sont observées.

Un craquement continu de la glace ou son affaissement sont des signes de situations dangereuses.

Il peut être fatal de considérer l'épaisseur et la résistance d'un champ de glace comme uniformes et constantes, car les conditions météorologiques et hydrodynamiques responsables de la qualité de la glace diffèrent de jour en jour, d'année en année et d'un endroit à l'autre.

14.5.6 L'inspection dans les espaces clos

L'inspection à l'intérieur d'un espace clos doit être réalisée dans le respect des dispositions mentionnées dans le document *Programme de travail sécuritaire en espace clos*, publié par le Ministère, et à la section XXVI du Règlement sur la santé et la sécurité du travail.

En vertu des dispositions réglementaires, tout inspecteur qui doit accéder à une structure ou à une partie de structure identifiée comme espace clos doit suivre une formation appropriée avant d'entrer dans un espace clos.

14.5.7 L'inspection à proximité d'une ligne électrique

Les inspecteurs doivent veiller à ce qu'aucun travail ne soit effectué si une pièce, une charge, un élément de machinerie ou une personne risque de s'approcher d'une ligne électrique à moins des distances minimales d'approche suivantes :

- 3 m d'une ligne électrique de moins de 125 000 V;
- 5 m d'une ligne électrique de 125 000 à 250 000 V;
- 8 m d'une ligne électrique de 250 000 à 550 000 V;
- 12 m d'une ligne électrique de plus de 550 000 V.

Ces distances minimales ne s'appliquent pas :

- à un conducteur neutre;
- à un câble isolé de moins de 750 V du type d'assemblage duplex, triplex ou quadruplex;
- à un branchement de consommateur ou de distributeur de moins de 750 V.

Lorsqu'une pièce, une charge, un élément de machinerie ou une personne risque de s'approcher d'une ligne électrique à moins des distances d'approche minimales, l'inspection peut être réalisée si l'une des conditions suivantes est respectée :

- la ligne électrique est mise hors tension;
- des mesures de sécurité ont été convenues avec l'entreprise d'exploitation d'énergie électrique;
- l'équipement, qui peut être déployé, est muni d'un dispositif qui a deux fonctions : la première avertit le conducteur ou bloque les manœuvres, de façon à respecter les distances minimales d'approche, et la seconde bloque les manœuvres, en cas de défaillance de la première.

L'inspecteur doit se référer à la section V du Code de sécurité pour les travaux de construction pour connaître les autres dispositions réglementaires.

14.5.8 L'inspection au moyen d'une échelle

Toute échelle utilisée lors d'une inspection de structure doit :

- reposer sur une base solide et prendre appui, au sommet, sur ses deux montants;
- être maintenue fermement en position par une ou plusieurs personnes, lorsqu'elle n'est pas fixée de façon permanente et que sa longueur est égale ou supérieure à 9 m;
- être préservée de tout choc ou glissement de nature à compromettre son équilibre;
- être inclinée de façon telle que la distance horizontale entre le pied de l'échelle et le plan vertical de son support supérieur soit environ entre le quart et le tiers de la longueur de l'échelle entre ses supports, lorsqu'elle n'est pas fixée de façon permanente;
- ne pas être utilisée près d'un circuit électrique à découvert, lorsqu'elle est en métal ou qu'elle est munie de renforcements métalliques;
- être d'une longueur suffisante pour permettre à une personne de travailler sans qu'elle ait à se placer sur les deux derniers échelons;
- être mise en place de façon à permettre à l'inspecteur de monter et de descendre l'échelle face à lui, à l'aide de ses deux mains.

14.5.9 L'inspection au moyen d'un échafaudage volant

Les plans incluant les procédés d'installation et de démontage de l'échafaudage volant doivent être signés et scellés par un ingénieur.

Tout échafaudage volant doit être utilisé selon les prescriptions des articles 2.4.1 et 3.9.16 du Code de sécurité pour les travaux de construction et doit :

- être conforme à la norme CAN\CSA-Z271 « Règles de sécurité pour les plateformes suspendues » lorsque l'échafaudage volant est motorisé;
- comporter au moins deux dispositifs de freinage indépendants, dont un frein automatique, qui ne doit servir qu'à cette fin;
- être entouré d'un garde-corps;
- être pourvu d'une corde d'assurance pour chaque personne occupant cet échafaudage. Cette corde d'assurance doit être fixée à un ancrage indépendant.

14.5.10 L'inspection au moyen d'une nacelle ou d'une passerelle aérienne

L'inspection au moyen d'une nacelle ou d'une passerelle aérienne nécessite des dispositifs de signalisation. Ces dispositifs doivent être installés conformément aux

exigences du *Tome V – Signalisation routière* de la collection Normes – Ouvrages routiers du Ministère, et ce, en fonction des particularités spécifiques du site d'inspection.

Lorsque l'inspection s'effectue près d'une ligne électrique, les stipulations de la section 14.5.7 du présent chapitre doivent être respectées.

Si l'équipe d'inspection utilise une nacelle ou une passerelle aérienne non régie par un contrat annuel entre le Ministère et le fournisseur, elle doit, avant de procéder à l'inspection, s'assurer que l'équipement utilisé respecte certaines dispositions dont, entre autres :

- le propriétaire ou le loueur de la nacelle ou de la passerelle aérienne a établi un programme d'entretien préventif conformément aux recommandations du constructeur de l'équipement, énumérant les parties à vérifier, la nature de l'examen (visuel, par magnétoscopie, par ultrasons, etc.), ainsi que la fréquence des vérifications quant aux mesures préventives relatives aux éléments structuraux;
- le registre d'entretien, contenant le programme d'entretien préventif, se trouve à bord du camion;
- à un endroit visible par l'utilisateur, la nacelle ou la passerelle aérienne est munie d'une pancarte d'avertissement sur chaque pièce servant à lever une charge et capable de mouvement vertical, latéral ou de rotation. Cette pancarte porte l'inscription « DANGER — N'APPROCHEZ PAS DES LIGNES ÉLECTRIQUES » en caractères d'au moins 12 mm de hauteur.

Dans tous les cas où une nacelle ou une passerelle aérienne est utilisée, les opérateurs doivent avoir reçu une formation spécifique sur l'utilisation de ces équipements.

L'inspection avec une nacelle ou une passerelle aérienne doit être effectuée, lorsque cela est possible, du côté opposé de la structure où se trouvent les lignes électriques.

Les inspecteurs qui utilisent une nacelle ou une passerelle aérienne doivent :

- porter l'équipement de protection individuelle approprié (casque, bottes, gants, etc.) en tout temps, ainsi qu'un harnais de sécurité muni d'un cordon d'assujettissement avec absorbeur d'énergie fixé à un point d'ancrage du mât de la nacelle ou relié à la passerelle;
- respecter les consignes de sécurité apparaissant sur les plaques signalétiques fixées à l'équipement;
- signaler tout défaut de fonctionnement ainsi que tout comportement anormal;
- cesser immédiatement l'utilisation de l'équipement si le mauvais fonctionnement met en danger la sécurité du personnel d'inspection.

14.5.11 L'inspection sous l'eau

L'inspection sous l'eau comporte certains dangers particuliers. Elle doit être réalisée par des plongeurs spécialement formés pour ce genre de travaux.

De plus, les plongeurs doivent appliquer différentes normes et différents règlements en cours tels que le Règlement sur la santé et la sécurité du travail, la norme CAN/CSA-Z275.2 « Règles de sécurité pour les travailleurs en plongée » et la norme CAN/CSA-Z275.4 « Norme sur la compétence visant la plongée, l'utilisation de caissons hyperbares et la conduite de véhicules télécommandés ».

14.5.12 L'inspection en appui sur cordes

Les techniques reliées à l'escalade et à la spéléologie sont utilisées à l'occasion pour l'inspection des structures ayant un caractère particulier, notamment celles qui présentent une grande hauteur ou des difficultés d'accès rendant ardue l'utilisation des autres méthodes conventionnelles d'inspection.

Étant donné les risques inhérents à la tâche, aucun inspecteur ne doit utiliser les techniques d'appui sur cordes sans avoir l'équipement approprié, les connaissances, l'habileté et l'entraînement requis pour cette méthode d'inspection.

En plus des entraînements adaptés, les inspecteurs doivent suivre une formation en techniques de sauvetage afin d'être en mesure d'établir rapidement un moyen d'évacuation pour un coéquipier en difficulté.

14.5.13 L'inspection dans des endroits contaminés

Les inspecteurs peuvent rencontrer sur certaines structures des endroits contaminés principalement par de la fiente de pigeons. Des problèmes de santé peuvent apparaître à la suite de l'exposition à ces contaminants.

Les inspecteurs doivent se protéger contre les risques associés à l'exposition à ces contaminants en adoptant une protection respiratoire et corporelle adéquate.

Par contre, dans les endroits où la concentration en contaminants est élevée, il est recommandé de faire effectuer un nettoyage par une entreprise spécialisée avant de procéder à l'inspection de la structure.

En présence d'endroits contaminés par de la fiente d'oiseaux, l'inspecteur doit utiliser l'équipement suivant s'il doit remuer la fiente:

- un vêtement de protection jetable fermé au cou, aux poignets ainsi qu'aux chevilles;
- des bottes de caoutchouc ou des chaussures de sécurité recouvertes de bottes jetables;

- des lunettes de sécurité à jeter après chaque usage; sinon, elles doivent être désinfectées après chaque utilisation;
- des gants jetables;
- un bonnet jetable recouvrant si possible le casque de sécurité;
- un masque jetable approuvé par le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) de niveau de protection N100 ou un demi-masque avec filtre d'un niveau de protection N100. Cet équipement doit être choisi, ajusté, utilisé et entretenu conformément à la norme CAN/CS-Z94.4 « Choix, utilisation et entretien des respirateurs ».

L'équipement de protection respiratoire doit être conforme à l'édition la plus récente du *Guide pratique de protection respiratoire utilisée au Québec*, publié par la CNESST et l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

À la fin de l'inspection, afin d'éviter la propagation des contaminants à l'intérieur du véhicule d'inspection, le matériel contaminé jetable doit être placé dans des sacs de plastique fermés hermétiquement pour être ensuite détruit. Le matériel non jetable doit aussi être mis en sac et décontaminé selon les règles propres à chaque contaminant.

L'inspecteur peut consulter le dépliant *Des fientes de pigeon dans votre lieu de travail* publié par la CNESST qui fournit de très bons renseignements sur le sujet.

14.5.14 L'inspection aux abords des voies de chemin de fer

Lors de l'inspection d'une structure située au-dessus ou aux abords d'une voie ferrée, le personnel doit avoir suivi le cours sur la sécurité ferroviaire à l'intention des entrepreneurs. Ce cours est disponible à l'adresse internet suivante :

www.railroadcourses.com

Ce cours mène à l'obtention d'une carte de compétence pouvant être réclamée par l'autorité exploitant la voie ferrée afin d'autoriser la présence des inspecteurs dans l'emprise ferroviaire.

14.6 LES RÉFÉRENCES

RÉFÉRENCES GÉNÉRALES

- Loi sur la santé et la sécurité du travail, LRQ, chapitre S-2.1.
- Règlement sur la santé et la sécurité du travail, R.R.Q., c. S-2.1, r.13.
- Code de sécurité pour les travaux de construction, R.R.Q., c. S-2.1, r.4.

SECTION 14.1.2

- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST), « Les accidents nous parlent. Catapulté! », *Prévention au travail*, automne 2003.

SECTION 14.2.1

- Norme Can/CSA-Z195, « Chaussures de protection ».

SECTIONS 14.3 ET 14.4

- Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des Transports, Normes – Ouvrages routiers, 2016, *Tome V – Signalisation routière*.

SECTION 14.5.5

- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST), « Travaux sur les champs de glace », décembre 1996 (DC-200-640).

SECTION 14.5.6

- Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des Transports, Programme de travail sécuritaire en espace clos, avril 2016.

SECTION 14.5.9

- Norme CAN\CSA-Z271, « Règles de sécurité pour les plates-formes suspendues ».

SECTION 14.5.10

- Norme CAN/CSA-C225, « Engins élévateurs à nacelle portés sur véhicule ».
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST), *Alerte-Action*, novembre 1987, « Le travail avec les engins élévateurs à nacelle ».

SECTION 14.5.11

- Norme CAN/CSA-Z275.2, « Règles de sécurité pour les travailleurs en plongée ».
- Norme CAN/CSA-Z275.4 « Norme sur la compétence visant la plongée, l'utilisation de caissons hyperbares et la conduite de véhicules télécommandés ».

SECTION 14.5.13

- HILLER, Stella, M.D., CLSC des Faubourgs, « Prévention, exposition à des animaux volatils tels les pigeons », juillet 1998.
- CNESST et IRSST, *Guide pratique de protection respiratoire*, 2^e édition, 2013.
- Norme CAN/CSA-Z94.4-11, « Choix, utilisation et entretien des respirateurs ».

- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST), « *Des fientes de pigeon dans votre lieu de travail* » (DC-100-1331-1), 2011.

CHAPITRE 15

FICHES ET RAPPORTS D'INSPECTION

TABLE DES MATIÈRES

15.1	GÉNÉRALITÉS	15-1
15.2	LA FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE	15-1
15.3	LA FICHE D'INVENTAIRE ABRÉGÉE	15-13
15.4	LES FICHES D'INSPECTION GÉNÉRALE	15-16
15.5	LA FICHE D'INSPECTION ANNUELLE	15-23
15.6	LE RAPPORT D'INSPECTION GÉNÉRALE	15-26
15.7	LE RAPPORT D'INSPECTION GÉNÉRALE POUR LES MUNICIPALITÉS/EFA	15-29
15.8	LES ACTIVITÉS RECOMMANDÉES	15-32

TABLEAU

Tableau 15.8-1	Activités disponibles par élément	15-34
----------------	-----------------------------------	-------

15.1 GÉNÉRALITÉS

Le présent chapitre traite des principales fiches et des rapports d'inspection qui sont produits par le GSQ ainsi que des activités d'entretien qui peuvent être recommandées à la suite d'une l'inspection générale. Il sera donc question des documents suivants :

- la fiche d'inventaire détaillée;
- la fiche d'inventaire abrégée;
- les fiches d'inspection générale;
- la fiche d'inspection annuelle;
- le rapport d'inspection générale et le rapport d'inspection générale global;
- le rapport d'inspection générale pour les municipalités et pour les emprises ferroviaires abandonnées (EFA).

D'autres documents peuvent être générés par le GSQ dont :

- la liste des structures;
- le rapport photo d'inventaire;
- le suivi des inspections;
- le rapport d'avancement des inspections;
- le rapport d'inspection pour diffusion sur le Web;
- le résumé des activités.

Ces documents, disponibles à partir du GSQ, ne seront pas couverts dans ce manuel.

15.2 LA FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Cette fiche présente, pour une structure donnée, toutes les informations contenues à l'inventaire incluant les dimensions des divers éléments. À titre d'exemple, la fiche d'inventaire détaillée de la structure P-02629 est présentée aux pages suivantes.

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Numéro de structure : 02629

IDENTIFICATION

Identification

Numéro de structure	02629	Groupe	
Remplacé par		Remplace	
Nom			
Statut	1 - Actif MTQ		
Type de structure	41 - Pont à poutres en béton armé		
Charg. conception	H20-S16		
Catégorie S/U/A	Aucune catégorie		

Responsabilité

Resp. de gestion	10 - MTQ		
Détail gestionnaire			
Direction territoriale	Direction de la Chaudière-Appalaches		
Centre de services	536607 (Centre de services de Thetford-Mines)		
Rôle MTQ inspect.	1 - Inspections annuelle et générale par le MTQ		

Année

Année construction	1965		
Unités fondation	1965	Pose dern. membrane	2008
Systèmes structuraux	1965	Pose dern. revêtement	2008
Platelage	1965	Dern. réparation dalle	2008

Coût

Coût remplacement	
Valeur à neuf	722 012 \$



Localisation

X	704696,808	Y	225857,959
Latitude	46,023904	Longitude	-71,230901
Site	Route 267		
Orientation	Nord-Sud		
Point de repère	Nord vers Thetford		
Limitrophe			

Municipalités

Principale	Municipalité	CEP	MRC
☒	Adstock	Lotbinière-Front	Les Appalaches
☐	Saint-Joseph-de-Coleraine	Lotbinière-Front	Les Appalaches
☐	Thetford Mines	Lotbinière-Front	Les Appalaches

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Numéro de structure : 02629

ROUTES

Routes

P	Nom	Type de voie	R	T	S	SR	Chain. début	Classe route	Réseau camion	RRN	RSSCE	RSTQ
☒	Route 267	Route standard	00267	01	011	000C	017+103	Collectrice	Routes restreintes	☐	☐	☐
☐	Route 267	Route standard	00267	01	021	000C	000+000	Collectrice	Routes restreintes	☐	☐	☐

Circulation

DJMA	3 500	Longueur détour	13,0 km
% camion	7	Vitesse détour	50 km/h

Chaussée

	Nombre de voies de circulation	Largeur carrossable	Vitesse affichée
Actuel	2	9,900 m	90 km/h
Souhaitable	2	9,000 m	90 km/h

Dégagement

Hauteur libre actuelle	
Hauteur libre souhaitable	
Hauteur libre affichée	
Présence d'un gabarit	☐
Hauteur libre du gabarit	

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Numéro de structure : 02629

OBSTACLES

Obstacles

P	Nom	Type de voie	R	T	S	SR	Chain. début	Classe route	Réseau camion.	DJMA	% camion	Long. détour	Vit. détour
☒	Rivière de l'Or	Cours d'eau					000+000						

Obstacles

P	Nom	Type de voie	Nb voies		Larg. carrossable (m)		Hauteur libre (m)			Dég. horiz. gauche (m)			Dég. horiz. droit (m)			Gabarit	
			Act.	Souh.	Actuelle	Souhaitable	Act.	Souh.	Aff.	Act.	Souh.	Protec.	Act.	Souh.	Protec.	Présent	Haut. (m)
☒	Rivière de l'Or	Cours d'eau					2,00					☐			☐	☐	

Hydraulique

Hauteur eaux hautes extr.	1,1 m	Eaux navigables	☐
Hauteur eaux basses extr.	0,1 m	Date autorisation	
Superficie bassin versant		No dossier fédéral	
Année étude réalisée			

Sujet à :	Affouillement	☐
	Embâcle	☐
	Inondation	☐
	Marée	☐

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Numéro de structure : 02629

DESCRIPTION

Dimensions

Longueur totale	19 650 mm	Superficie de lambris	
Longueur du tablier	14 750 mm	Type biais	Gauche
Largeur hors tout	11 125 mm	Angle du biais	14,03 °
Superficie du tablier	164 m²	Épaisseur du remblai	
Superficie acier			

Affichage

Tonnage	Sur place	Souhaitable	Recommandé
Type d'affichage	Aucun affichage	Aucun affichage	
			
			
			
UN VÉHICULE À LA FOIS	☐		☐

Date de la recommandation	
Raison écart affichage	

Pistes cyclables

Pistes cyclables		
Largeur totale des pistes cyclables		
Type de piste cyclable à gauche		
Type de piste cyclable à droite		
Route verte ☐	Autre réseau ☐	Nom autre réseau

Divers

Méthode de mesure de l'épaisseur de l'enrobé	Carottage
Type d'expertise de dalle	Carottage de dalle
Réaction alcali-silice	☐

Panneaux

	EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐
	EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		
	EP ☐ RQ ☐		EP ☒ RQ ☒		EP ☒ RQ ☒		EP ☐ RQ ☐		
	EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		

Commentaire

EP = En place
RQ = Requis

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Numéro de structure : 02629

Services publics

	Responsable	Nombre	Emplacement
Bornes		1	Coin N-O, 93KZ005

Particularités de conception

Imprimé le 2016-12-01

Page 5 de 11

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Numéro de structure : 02629

DESCRIPTION (2)

Description

Travée	Type de structure	Sous-type de structure	Longueur de Travée (mm)	Condition de retenue S/O	Condition de retenue N/E	Espacement max poutres (mm)	Type unité fondation S/O	Type unité fondation N/E	Longueur d'appui S/O (mm)	Longueur d'appui N/E (mm)
1	Pont à poutres en béton armé		14 750	Rotulé	Rotulé	2 820	Culée pleine	Culée pleine	680	840

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Numéro de structure : 02629

ÉLÉMENTS

Éléments

Type struct.	No travée	Groupe	Élément	Type	Matériau	Armature	Enduit ou syst. prot.	Divers	No élém.	Position	Long. (mm)	Larg. (mm)	Haut. (mm)	Nb	Qté calc.	Unité	Qté eff.	Envir.
41	1	Cours d'eau et remblai	Cours d'eau															
41	1	Cours d'eau et remblai	Remblai	Granulaire						Sud								
41	1	Cours d'eau et remblai	Remblai	Granulaire						Nord								
41	1	Cours d'eau et remblai	Protection de talus	Revêtement en pierres						Sud								
41	1	Cours d'eau et remblai	Protection de talus	Revêtement en pierres						Nord								
41	1	Culées	Fondation	Fondation superficielle				Non spécifié	1									
41	1	Culées	Fondation	Fondation superficielle				Non spécifié	2									
41	1	Culées	Mur de front		Béton régulier	Acier noir			1			11 470	1 500		17	m2		Modéré
41	1	Culées	Mur de front		Béton régulier	Acier noir			2			11 470	1 800		21	m2		Modéré
41	1	Culées	Garde-grève		Béton régulier	Acier noir			1			11 470	1 150		13	m2		Modéré
41	1	Culées	Garde-grève		Béton régulier	Acier noir			2			11 470	1 150		13	m2		Modéré

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Numéro de structure : 02629

Éléments

Type struct.	No travée	Groupe	Élément	Type	Matériau	Armature	Enduit ou syst. prot.	Divers	No élém.	Position	Long. (mm)	Larg. (mm)	Haut. (mm)	Nb	Qté calc.	Unité	Qté eff.	Envir.
41	1	Culées	Murs en aile / en retour		Béton régulier	Acier noir			1		2 450		1 600		4	m2		Modéré
41	1	Culées	Murs en aile / en retour		Béton régulier	Acier noir			2		2 450		1 600		4	m2		Modéré
41	1	Culées	Murs en aile / en retour		Béton régulier	Acier noir			3		2 450		1 700		4	m2		Modéré
41	1	Culées	Murs en aile / en retour		Béton régulier	Acier noir			4		2 450		1 300		3	m2		Modéré
41	1	Culées	Assise		Béton régulier	Acier noir			1		700	11 470			8	m2		Modéré
41	1	Culées	Assise		Béton régulier	Acier noir			2		830	11 470			10	m2		Modéré
41	1	Platelage	Surface de roulement		Enrobé						14 750	9 900	1		146	m2		Sévère
41	1	Platelage	Système de drainage		Acier régulier									1	1			
41	1	Platelage	Côté extérieur		Béton régulier	Acier noir				Ouest	14 750	1 100	520		24	m2		Sévère
41	1	Platelage	Côté extérieur		Béton régulier	Acier noir				Est	14 750	1 100	520		24	m2		Sévère
41	1	Platelage	Platelage	Dalle en béton régulier		Acier noir	Membrane d'étanchéité soudable	Aucune sécurisation / renfort			14 750	11 125			164	m2		Modéré

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Numéro de structure : 02629

Éléments

Type struct.	No travée	Groupe	Élément	Type	Matériau	Armature	Enduit ou syst. prot.	Divers	No élém.	Position	Long. (mm)	Larg. (mm)	Haut. (mm)	Nb	Qté calc.	Unité	Qté eff.	Envir.
41	1	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutre	Béton armé	Béton régulier	Acier noir	Enduit et/ou imperméabilisant	Aucun renforcement	1		14 750	420	965		35	m2		Modéré
Note : Enduit aux extrémités seulement.																		
41	1	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutre	Béton armé	Béton régulier	Acier noir	Enduit et/ou imperméabilisant	Aucun renforcement	2		14 750	420	965		35	m2		Modéré
Note : Enduit aux extrémités seulement.																		
41	1	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutre	Béton armé	Béton régulier	Acier noir	Enduit et/ou imperméabilisant	Aucun renforcement	3		14 750	420	965		35	m2		Modéré
Note : Enduit aux extrémités seulement.																		
41	1	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutre	Béton armé	Béton régulier	Acier noir	Enduit et/ou imperméabilisant	Aucun renforcement	4		14 750	420	965		35	m2		Modéré
Note : Enduit aux extrémités seulement.																		
41	1	Contreventements	Diaphragmes		Béton régulier	Acier noir				Extrémité				6	6	unité(s)		Modéré
41	1	Contreventements	Diaphragmes		Béton régulier	Acier noir				Intermédiaire				6	6	unité(s)		Modéré
41	1	Chasse-roue / trottoir	Chasse-roue		Béton régulier	Acier noir				Ouest	19 650				20	m		Sévère
41	1	Chasse-roue / trottoir	Chasse-roue		Béton régulier	Acier noir				Est	19 650				20	m		Sévère
41	1	Dispositif de retenue	Glissière (gauche ou droite)	Modèles 25, 25A, 25M, 35, 45	Acier régulier		Galvanisation	Non		Ouest	19 650				20	m		Sévère
41	1	Dispositif de retenue	Glissière (gauche ou droite)	Modèles 25, 25A, 25M, 35, 45	Acier régulier		Galvanisation	Non		Est	19 650				20	m		Sévère

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Numéro de structure : 02629

Éléments

Type struct.	No travée	Groupe	Élément	Type	Matériau	Armature	Enduit ou syst. prot.	Divers	No élém.	Position	Long. (mm)	Larg. (mm)	Haut. (mm)	Nb	Qté calc.	Unité	Qté eff.	Envir.
41	1	Approches	Transition de chaussée							Sud								
41	1	Approches	Transition de chaussée							Nord								
41	1	Approches	Glissière	Semi-rigide avec poteau de bois	Bois / Acier		Galvanisation			Sud	30 000				30	m		Sévère
41	1	Approches	Glissière	Semi-rigide avec poteau de bois	Bois / Acier		Galvanisation			Nord	30 000				30	m		Sévère

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Numéro de structure : 02629

REMARQUES

Identification

Routes

Obstacles

Description

Éléments

Évaluation

15.3 LA FICHE D'INVENTAIRE ABRÉGÉE

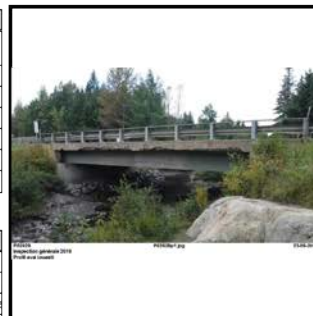
Cette fiche présente, pour une structure donnée, un résumé des informations contenues à l'inventaire. Les dimensions des divers éléments ne sont pas inscrites sur cette fiche. À titre d'exemple, la fiche d'inventaire abrégée de la structure 02629 est présentée aux pages suivantes.

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE ABRÉGÉE

IDENTIFICATION

Identification	
No structure	02629
Remplacé par	Remplace
Nom	
Statut	1 - Actif MTQ
Type de structure	41 - Pont à poutres en béton armé
Charg. conception	H20-S16
Catégorie S/U/A	Aucune catégorie



Responsabilité	
Resp. de gestion	10 - MTQ
Détail gestionnaire	
DG-DT-CS	536607 (Centre de services de Thetford-Mine)
Rôle MTQ inspection	1 - Inspections annuelle et générale par le MTQ

Municipalités		
Municipalité	CEP	MRC
Adstock	Lotbinière-Frontenac	Les Appalaches
Saint-Joseph-de-Coleraine	Lotbinière-Frontenac	Les Appalaches

Localisation			
Latitude	46,023904	Longitude	-71,230901
Site	Route 267		
Orientation	Nord-Sud	Point de repère	Nord vers Thetford
Limitrophe			

Année					
Construction	1965	Unités fondation	1965	Syst. structuraux	1965
Platelage	1965				

Coût	
Remplacement	Valeur à neuf 722 012 \$

ROUTES

P	Nom	Type de voie	R	T	S	SR	Ch. début	Classe route	Catég.
☒	Route 267	Route	00267	01	011	000C	017+103	Collectrice	
☐	Route 267	Route	00267	01	021	000C	000+000	Collectrice	

Circulation					
DJMA	3 500	% camion	7	Longueur détournement (km)	13,0
Vitesse détournement (km/h)	50				

Chaussée			
Nbre de voies	2	Larg. carrossable (m)	9,900
Vitesse affichée (km/h)	90		

Dégagement			
Hauteur libre	actuelle (m)	affichée (m)	Gabarit ☐ Hauteur libre gab. (m)

OBSTACLES						Dégagement horizontal		Hauteur libre		
P	Nom	Type de voie	Classe route	Catég.	Act.	Prot.	Act.	Prot.	Act.	Aff.
☒	Rivière de l'Or	Cours d'eau				☐		☐	2,0	

Hydraulique				Sujet à :			
Hauteur eaux hautes extr. (m)	1,10	Eaux navigables	☐	Affouillement	☐		
Hauteur eaux basses extr. (m)	0,10	Date autorisation		Embâcle	☐		
Année étude réalisée		No dossier fédéral		Inondation	☐		
				Marée	☐		

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE ABRÉGÉE

No structure : 02629

DESCRIPTION

Dimension			Affichage	Sur place	Recommandé
Longueur totale	19 650 mm		Type d'affichage	Aucun affichage	
Longueur du tablier	14 750 mm		Tonnage - camion porteur		
Largeur hors tout	11 125 mm		Tonnage - semi-remorque		
Largeur carrossable	9,9 m		Tonnage - train routier		
Superficie du tablier	164 m²		Panneau 1 véhicule à la fois	☐	☐
Type biais	Gauche	Angle du biais	Date de la recommandation		
		14,03 °			

Pistes cyclables

Largeur totale des pistes cyclables		
Type de piste cyclables à:	gauche	droite
Route verte ☐	Autre réseau ☐	Nom autre réseau

Trottoirs

Présence de trottoir à:	gauche ☐	droite ☐
-------------------------	---------------------------------	---------------------------------

Panneaux

	EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐
	EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐
	EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐
	EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐		EP ☐ RQ ☐

Commentaire

EP = En place
RQ = Requis

Services publics

	Responsable	Nombre	Emplacement
Bornes		1	Coin N-O, 93KZ005

Particularités de conception

Détail travée					
#	Type de structure	Longueur(mm)	Nbre ptres	Type unité fond. S/O	Type unité fond. N/E
1	Pont à poutres en béton armé	14 750	4	Culée pleine	Culée pleine

15.4 LES FICHES D'INSPECTION GÉNÉRALE

Les fiches d'inspection générale sont produites par le GSQ à partir des informations contenues à l'inventaire. Ainsi, tous les éléments présents à l'inventaire et qui doivent être inspectés se retrouvent sur les fiches d'inspection et les données recueillies lors de l'inspection générale doivent être consignées sur ces fiches.

Il y a d'abord la fiche d'inspection complément constituée des quatre blocs d'information suivants :

- l'identification de la structure;
- les inspecteurs impliqués;
- les compléments à l'inspection générale c'est-à-dire la météo lors de l'inspection, les éléments à surveiller lors de l'inspection annuelle, ainsi que les demandes d'informations additionnelles;
- les activités recommandées au niveau de la structure. Il est à noter que cet espace est réservé aux activités qui ne peuvent être rattachées à un élément particulier de la structure, soit parce que cet élément est inexistant ou parce que l'activité concerne l'ensemble de la structure;
- le bloc supplémentaire « Éléments à surveiller lors de l'inspection générale (suite à l'évaluation) » s'ajoute lorsqu'un suivi particulier est demandé à la suite d'une évaluation de la capacité portante.

En ce qui concerne la fiche d'inspection, les éléments sont regroupés par travée et par groupe d'éléments tel que défini dans le module d'inventaire. Cette fiche contient les informations suivantes :

- l'identification de la structure;
- les données d'inspection;
- les commentaires;
- les activités recommandées au niveau des éléments. La liste des activités disponibles se trouve plus loin, à la section 15.8.

Pour une structure qui a déjà fait l'objet d'une inspection générale avec le système GSQ, les fiches d'inspection contiennent les informations recueillies lors de la dernière inspection, c'est-à-dire l'évaluation de l'état des éléments, les commentaires ainsi que les activités qui avaient été recommandées.

À titre d'exemple, les fiches d'inspection générale de la structure 02629 sont présentées aux pages suivantes. Il est à noter que les commentaires consignés par l'inspecteur sur les fiches d'inspection peuvent s'imprimer directement sous chaque élément tel que montré dans l'exemple ou être regroupés en dessous des éléments ou même être imprimés en annexe, selon le choix de l'inspecteur.

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INSPECTION - COMPLÉMENT

Numéro structure : **02629**

Date de la dernière inspection fermée : **2016-09-23**

Date de l'inspection partielle : **2016-12-01**

Route :	Route 267	Type de structure :	41 - Pont à poutres en béton armé
Obstacle :	Rivière de l'Or	Niveau de structure :	3 Fréq. effective (an) : 3
Municipalité :	Adstock	An. const. :	1965
Site :	Route 267	Resp. gestion :	10 - MTQ
Orientation :	Nord-Sud	X :	704696,8080 Y : 225857,9590
Point de repère :	Nord vers Thetford	Lat :	46,023904 Long : -71,230901

INSPECTEURS IMPLIQUÉS

Nom des inspecteurs :

Ingénieur responsable de l'inspection : _____ Date : _____

Firme : _____

COMPLÉMENTS - INSPECTION GÉNÉRALE

MÉTÉO

Nuageux, 15 °C

ÉLÉMENTS À SURVEILLER LORS DE L'INSPECTION ANNUELLE

DEMANDE D'INFORMATIONS ADDITIONNELLES

Commentaires

Inspections suggérées

☐ Spéciale

☐ Observation

☐ Sous-marine

☐ Essai non destructif – acier

Suivi

☐ Risque de chute de fragments de béton (sécurité)

☐ Risque de chute de strates de rouille

☐ Avis technique - fissuration béton

☐ Suivi particulier - inspection générale

ACTIVITÉ STRUCTURE

CODE	UNITÉ	QTÉ

CODE	UNITÉ	QTÉ

CODE	UNITÉ	QTÉ

Inspection générale partielle

Imprimé le 2016-12-01

Page 1 de 5

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INSPECTION

Número de structure : 02629	Municipalité : Adstock
Route : Route 267	Date de la dernière inspection fermée : 2016-09-23
Obstacle : Rivière de l'Or	Type de structure : 41 - Pont à poutres en béton armé

DONNÉES D'INSPECTION

État du matériau (%)

	T.	GROUPE	ÉLÉMENT / TYPE	# ÉI.	Pos.	Qté	Unit.	P/S	N.I.	A	B	C	D	CEC
1	1	Cours d'eau et remblai	Cours d'eau	0				S	N.d.					4

Commentaire :

2	1	Cours d'eau et remblai	Remblai Granulaire	0	Sud			S	N.d.					4
---	---	------------------------	--------------------	---	-----	--	--	---	------	--	--	--	--	---

Commentaire :

3	1	Cours d'eau et remblai	Remblai Granulaire	0	Nord			S	N.d.					4
---	---	------------------------	--------------------	---	------	--	--	---	------	--	--	--	--	---

Commentaire :

4	1	Cours d'eau et remblai	Protection de talus Revêtement en pierres	0	Sud			S	N.d.					4
---	---	------------------------	--	---	-----	--	--	---	------	--	--	--	--	---

Commentaire :

5	1	Cours d'eau et remblai	Protection de talus Revêtement en pierres	0	Nord			S	N.d.					4
---	---	------------------------	--	---	------	--	--	---	------	--	--	--	--	---

Commentaire :

6	1	Culées	Fondation Fondation superficielle	1				P	N.d.					4
---	---	--------	--------------------------------------	---	--	--	--	---	------	--	--	--	--	---

Commentaire :

7	1	Culées	Fondation Fondation superficielle	2				P	N.d.					4
---	---	--------	--------------------------------------	---	--	--	--	---	------	--	--	--	--	---

Commentaire :

8	1	Culées	Mur de front	1		17	m2	P	N.d.	89	11	0	0	4
---	---	--------	--------------	---	--	----	----	---	------	----	----	---	---	---

Commentaire : Fissures < 0,80 mm (10%). Désagrégation légère à moyenne (1%) du béton.

9	1	Culées	Mur de front	2		21	m2	P	N.d.	83	16	1	0	4
---	---	--------	--------------	---	--	----	----	---	------	----	----	---	---	---

Commentaire : Éclatement du béton par endroits (1%). Fissures verticales et horizontales < 0,80 mm (15%). Traces de rouille (1%) et nids de cailloux.

N.I.: Nature inspection / N.d.: Nouvelle donnée / D.r.: Donnée reportée / É. i.: Élément inaccessible

RECOMMANDATIONS

	CODE	UNITÉ	QTÉ

	CODE	UNITÉ	QTÉ

	CODE	UNITÉ	QTÉ

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INSPECTION

Número de structure : 02629	Municipalité : Adstock
Route : Route 267	Date de la dernière inspection fermée : 2016-09-23
Obstacle : Rivière de l'Or	Type de structure : 41 - Pont à poutres en béton armé

DONNÉES D'INSPECTION

État du matériau (%)

	T.	GROUPE	ÉLÉMENT / TYPE	# ÉI.	Pos.	Qté	Unit.	P/S	N.I.	A	B	C	D	CEC
10	1	Culées	Garde-grève	1		13	m2	S	N.d.	94	6	0	0	4

Commentaire : Fissures < 0,80 mm (5%). Traces de rouille (1%) et efflorescence.

11	1	Culées	Garde-grève	2		13	m2	S	N.d.	98	2	0	0	4
----	---	--------	-------------	---	--	----	----	---	------	----	---	---	---	---

Commentaire : Fissures < 0,80 mm (1%). Traces de rouille (1%) et efflorescence.

12	1	Culées	Murs en aile / en retour	1		4	m2	S	N.d.	20	80	0	0	4
----	---	--------	--------------------------	---	--	---	----	---	------	----	----	---	---	---

Commentaire : Fissures polygonales < 0,80 mm (80%).

13	1	Culées	Murs en aile / en retour	2		4	m2	S	N.d.	85	15	0	0	4
----	---	--------	--------------------------	---	--	---	----	---	------	----	----	---	---	---

Commentaire : Fissures polygonales < 0,80 mm (15%).

14	1	Culées	Murs en aile / en retour	3		4	m2	S	N.d.	55	45	0	0	4
----	---	--------	--------------------------	---	--	---	----	---	------	----	----	---	---	---

Commentaire : Fissures polygonales < 0,80 mm (45%).

15	1	Culées	Murs en aile / en retour	4		3	m2	S	N.d.	44	56	0	0	4
----	---	--------	--------------------------	---	--	---	----	---	------	----	----	---	---	---

Commentaire : Fissures polygonales < 0,80 mm (50%). Désagrégation moyenne (5%) du béton. Traces de rouille (1%).

16	1	Culées	Assise	1		8	m2	P	N.d.	95	3	2	0	4
----	---	--------	--------	---	--	---	----	---	------	----	---	---	---	---

Commentaire : Délaminage du béton entre les poutres P2 et P3 (1%). Désagrégation légère à l'extrémité est, moyenne (1%) et importante (1%) entre les poutres P3 et P4. Fissures longitudinales < 0,80 mm (2%).

17	1	Culées	Assise	2		10	m2	P	N.d.	89	1	10	0	4
----	---	--------	--------	---	--	----	----	---	------	----	---	----	---	---

Commentaire : Délaminage du béton (10%). Fissures longitudinales < 0,80 mm (1%). Désagrégation légère du béton.

18	1	Platelage	Surface de roulement	0		146	m2	S	N.d.	95	5	0	0	4
----	---	-----------	----------------------	---	--	-----	----	---	------	----	---	---	---	---

Commentaire : Fissures longitudinales < 15 mm (5%).

N.I.: Nature inspection / N.d.: Nouvelle donnée / D.r.: Donnée reportée / É.i.: Élément inaccessible

RECOMMANDATIONS

	CODE	UNITÉ	QTÉ

	CODE	UNITÉ	QTÉ

	CODE	UNITÉ	QTÉ

Inspection générale partielle

Imprimé le 2016-12-01

Page 3 de 5

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INSPECTION

Numéro de structure : 02629	Municipalité : Adstock
Route : Route 267	Date de la dernière inspection fermée : 2016-09-23
Obstacle : Rivière de l'Or	Type de structure : 41 - Pont à poutres en béton armé

DONNÉES D'INSPECTION

État du matériau (%)

	T.	GROUPE	ÉLÉMENT / TYPE	# É.	Pos.	Qté	Unit.	P/S	N.I.	A	B	C	D	CEC
19	1	Platelage	Système de drainage	0		1		S	N.d.					4

Commentaire :

20	1	Platelage	Côté extérieur	0	Ouest	24	m2	P	N.d.	68	20	12	0	4
----	---	-----------	----------------	---	-------	----	----	---	------	----	----	----	---	---

Commentaire : Éclatement du béton avec armature apparente (10%) et délaminage du béton sous le porte-à-faux (2%). Fissures < 0,80 mm (20%).

21	1	Platelage	Côté extérieur	0	Est	24	m2	P	N.d.	50	40	10	0	4
----	---	-----------	----------------	---	-----	----	----	---	------	----	----	----	---	---

Commentaire : Délaminage (2%) et éclatement (8%) du béton, principalement sous le porte-à-faux. Fissures < 0,80 mm (38%). Désagrégation légère et moyenne (2%) du béton. Efflorescence.

22	1	Platelage	Platelage Dalle en béton régulier	0		164	m2	P	N.d.	89	10	1	0	4
----	---	-----------	--------------------------------------	---	--	-----	----	---	------	----	----	---	---	---

Commentaire : Délaminage et éclatement du béton par endroits (1%). Fissures polygonales < 0,80 mm (10%).

23	1	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutre Béton armé	1		35	m2	P	N.d.	89	10	1	0	4
----	---	--	----------------------	---	--	----	----	---	------	----	----	---	---	---

Commentaire : Délaminage et éclatement du béton à l'extrémité nord (1%). Fissures principalement verticales < 0,80 mm (10%). Recouverte d'enduit aux extrémités.

24	1	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutre Béton armé	2		35	m2	P	N.d.	96	3	1	0	4
----	---	--	----------------------	---	--	----	----	---	------	----	---	---	---	---

Commentaire : Délaminage et éclatement du béton à l'extrémité nord (1%). Fissures principalement verticales < 0,80 mm (3%). Recouverte d'enduit aux extrémités.

25	1	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutre Béton armé	3		35	m2	P	N.d.	96	3	1	0	4
----	---	--	----------------------	---	--	----	----	---	------	----	---	---	---	---

Commentaire : Délaminage et éclatement du béton à l'extrémité nord (1%). Fissures principalement verticales < 0,80 mm (3%). Recouverte d'enduit aux extrémités.

26	1	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutre Béton armé	4		35	m2	P	N.d.	88	10	2	0	4
----	---	--	----------------------	---	--	----	----	---	------	----	----	---	---	---

Commentaire : Délaminage et éclatement du béton aux extrémités (2%). Fissures principalement verticales < 0,80 mm (10%). Recouverte d'enduit aux extrémités.

27	1	Contreventements	Diaphragmes	0	Extrémité	6	unité (s)	S	N.d.	82	15	3	0	4
----	---	------------------	-------------	---	-----------	---	-----------	---	------	----	----	---	---	---

Commentaire : Délaminage du béton (3%) entre les poutres P2-P3 et entre P3-P4 à la culée sud. Fissures verticales < 0,80 mm (15%). Efflorescence.

N.I.: Nature inspection / N.d.: Nouvelle donnée / D.r.: Donnée reportée / É. i.: Élément inaccessible

RECOMMANDATIONS

	CODE	UNITÉ	QTÉ
20	3134	m	7
21	3134	m	7

	CODE	UNITÉ	QTÉ

	CODE	UNITÉ	QTÉ

Inspection générale partielle

Imprimé le 2016-12-01

Page 4 de 5

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INSPECTION

Numéro de structure : 02629	Municipalité : Adstock
Route : Route 267	Date de la dernière inspection fermée : 2016-09-23
Obstacle : Rivière de l'Or	Type de structure : 41 - Pont à poutres en béton armé

DONNÉES D'INSPECTION

État du matériau (%)

	T.	GROUPE	ÉLÉMENT / TYPE	# É.	Pos.	Qté	Unit.	P/S	N.I.	A	B	C	D	CEC
28	1	Contreventements	Diaphragmes	0	Intermédiaire	6	unité (s)	S	N.d.	85	15	0	0	4

Commentaire : Fissures verticales < 0,80 mm (15%).

29	1	Chasse-roue / trottoir	Chasse-roue	0	Ouest	20	m	S	N.d.	78	21	1	0	4
----	---	------------------------	-------------	---	-------	----	---	---	------	----	----	---	---	---

Commentaire : Éclatement du béton par endroits (1%). Fissures verticales et transversales < 0,80 mm (20%). Traces de rouille (1%). Usure par abrasion légère.

30	1	Chasse-roue / trottoir	Chasse-roue	0	Est	20	m	S	N.d.	78	21	1	0	4
----	---	------------------------	-------------	---	-----	----	---	---	------	----	----	---	---	---

Commentaire : Éclatement du béton par endroits (1%). Fissures verticales et transversales < 0,80 mm (20%). Traces de rouille (1%). Usure par abrasion légère.

31	1	Dispositif de retenue	Glissière (gauche ou droite) Modèles 25, 25A, 25M, 35, 45	0	Ouest	20	m	S	N.d.	100	0	0	0	4
----	---	-----------------------	--	---	-------	----	---	---	------	-----	---	---	---	---

Commentaire : Quelques lisses légèrement endommagées.

32	1	Dispositif de retenue	Glissière (gauche ou droite) Modèles 25, 25A, 25M, 35, 45	0	Est	20	m	S	N.d.	100	0	0	0	4
----	---	-----------------------	--	---	-----	----	---	---	------	-----	---	---	---	---

Commentaire : Quelques lisses légèrement endommagées.

33	1	Approches	Transition de chaussée	0	Sud			S	N.d.					4
----	---	-----------	------------------------	---	-----	--	--	---	------	--	--	--	--	---

Commentaire :

34	1	Approches	Transition de chaussée	0	Nord			S	N.d.					4
----	---	-----------	------------------------	---	------	--	--	---	------	--	--	--	--	---

Commentaire :

35	1	Approches	Glissière Semi-rigide avec poteau de bois	0	Sud	30	m	S	N.d.	100	0	0	0	4
----	---	-----------	--	---	-----	----	---	---	------	-----	---	---	---	---

Commentaire :

36	1	Approches	Glissière Semi-rigide avec poteau de bois	0	Nord	30	m	S	N.d.	100	0	0	0	4
----	---	-----------	--	---	------	----	---	---	------	-----	---	---	---	---

Commentaire :

N.I.: Nature inspection / N.d.: Nouvelle donnée / D.r.: Donnée reportée / É.i.: Élément inaccessible

RECOMMANDATIONS

	CODE	UNITÉ	QTÉ

	CODE	UNITÉ	QTÉ

	CODE	UNITÉ	QTÉ

Inspection générale partielle

Imprimé le 2016-12-01

Page 5 de 5

15.5 LA FICHE D'INSPECTION ANNUELLE

Cette fiche doit être utilisée lors de l'inspection annuelle. Elle est constituée des quatre blocs d'information suivants :

- l'identification de la structure;
- l'année/date des prochaines inspections particulières;
- les éléments particuliers à vérifier, recommandés lors de l'inspection générale;
- le suivi des éléments particuliers à vérifier;
- les autres défauts observés, s'il y a lieu.

À titre d'exemple, la fiche d'inspection annuelle de la structure 02629 est présentée aux pages suivantes.

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INSPECTION ANNUELLE

Numéro de structure : **02629**

Date de l'inspection :

Route :	Route 267	Type de structure :	41 - Pont à poutres en béton arm
Obsctacle :	Rivière de l'Or	Niveau de structure :	3
Municipalité :	Adstock	An. const. :	1965
Site :	Route 267	Resp. gestion :	10 - MTQ
Orientation :	Nord-Sud	X : 704696,8080	Y : 225857,9590
Point de repère :	Nord vers Thetford	Lat : 46,023904	Long : -71,230901

ANNÉE/DATE DES PROCHAINES INSPECTIONS PARTICULIÈRES

Sous-marine :	Affouillement :	Observation :	Observation-évaluation :
---------------	-----------------	---------------	--------------------------

ÉLÉMENTS PARTICULIERS À VÉRIFIER

Affichage :	Sur place :	Aucun affichage	Recommandé :
			
☐ Risque de chute de fragments de béton (sécurité)			

SUIVI DES ÉLÉMENTS PARTICULIERS À VÉRIFIER

AUTRES DÉFAUTS OBSERVÉS

Nom des inspecteurs : _____

Signature ingénieur responsable : _____

DATE

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INSPECTION ANNUELLE

Numéro de structure : **02629**

Date de l'inspection :

No	Éléments	OUI	NON
01	Accumulation de débris dans le cours d'eau ou sur l'avant-bec des piles.		
02	Accumulation de glaces immédiatement en amont de la structure.		
03	Affouillement sous les unités de fondation ou érosion des remblais d'approche.		
04	Rupture d'un élément d'un tablier en bois.		
05	Déformation d'une membrure d'un banc ou d'une poutre triangulée en acier.		
06	Élément de tablier endommagé par les glaces ou par un véhicule trop haut.		
07	Déviations dans l'alignement ou dépression dans le profil du dispositif de retenue ou des éléments du tablier au-dessus d'une pile ou d'une culée.		
08	Portique ou contreventement transversal d'un pont à poutres triangulées endommagé par un véhicule trop haut.		
09	Platelage défoncé.		
10	Élément en acier d'un joint de tablier mal fixé ou qui se soulève lors du passage des véhicules.		
11	Garniture en élastomère d'un joint de tablier soulevée ou arrachée.		
12	Décalage vertical entre les deux côtés d'un joint de tablier ou pièce saillante qui peut être accrochée par les véhicules de déneigement.		
13	Affaissement important à l'approche immédiate.		
14	Nids de poule ou cavités importantes dans la couche d'enrobé.		
15	Madrier de plancher très endommagé, mal assujéti ou manquant.		
16	Surface de roulement glissante.		
17	Accumulation d'eau, de sable ou de débris sur la surface de roulement, dans les cavités d'un joint de tablier, sur les membrures inférieures d'une poutre triangulée ou dans les drains.		
18	Garde-fou ou glissière (sur le pont ou à l'approche) endommagé, renversé ou manquant.		
19	Grille de cuvette ou de puisard endommagée, déplacée ou manquante.		
20	Panneaux de signalisation ou de présignalisation manquants, spécialement ceux relatifs à une restriction de charges.		

15.6 LE RAPPORT D'INSPECTION GÉNÉRALE

Le rapport d'inspection générale est produit par le GSQ à partir des données d'inspection saisies pour les différents éléments. Le rapport contient les informations suivantes :

- l'identification de la structure;
- la date de l'inspection;
- le statut de l'inspection (partielle ou fermée);
- les données d'inspections pour les éléments qui retiennent l'attention, c'est-à-dire les éléments qui répondent à l'un ou l'autre de ces critères :
 - l'état du matériau : $C \geq 20 \%$ ou $D > 0 \%$,
 - l'évaluation du comportement : $CEC = 2$ ou 1 ;
- les demandes d'informations additionnelles;
- les indicateurs de gestion:
 - IMS : l'indice de matériaux de la structure, basé sur les résultats de l'évaluation de l'état des matériaux (A, B, C, D),
 - ICS : l'indice de comportement de la structure, basé sur la cote d'évaluation du comportement,
 - CECS : la plus basse cote d'évaluation du comportement (CEC) attribuée pour les éléments principaux,
 - le système de gestion indique également si la structure comporte une déficience d'état ou de fonctionnalité;
- l'année prévue de la prochaine inspection générale;
- la liste des activités d'entretien recommandées par l'ingénieur responsable de l'inspection. La liste des activités disponibles se trouve à la section 15.8.

À titre d'exemple, le rapport d'inspection générale de la structure 02629 est présenté aux pages suivantes.

Il existe une autre forme du rapport d'inspection générale qui peut être générée par le GSQ. En effet, le rapport d'inspection générale global inclut, en plus du rapport d'inspection générale, les fiches d'inspection générale et les photographies qui ont été saisies dans le système. C'est le rapport d'inspection générale global qui doit être signé numériquement par l'ingénieur responsable de l'inspection.

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

RAPPORT D'INSPECTION GÉNÉRALE

Date de l'inspection : 2016-12-01

Statut : PARTIELLE

Numéro de structure : 02629

Type de structure : 41 - Pont à poutres en béton armé

Nom :

Resp. gestion : 10 - MTQ

Route : Route 267

Classe route : 40 - Collectrice

Obstacle : Rivière de l'Or

An. const. : 1965

Municipalité : Adstock

Niveau de structure : 3

ÉLÉMENTS RETENANT L'ATTENTION

T.	GROUPE	ÉLÉMENT	No	Pos.	Qté	Unit.	P/S	N.I.	A	B	C	D	CEC

DEMANDES D'INFORMATIONS ADDITIONNELLES

Commentaires

Inspections suggérées

- ☐ Spéciale
☐ Observation
☐ Sous marine
☐ Essai non destructif – acier

Suivi

- ☐ Risque de chute de fragments de béton
☐ Risque de chute de strates de rouille
☐ Avis technique - fissuration béton
☐ Suivi particulier - inspection générale

INDICATEURS DE GESTION

Inspection actuelle

IMS : 75,1

ICS : 100,0

CECS : 4

Structure avec déficiences :

État : ☐

Fonctionnalité : ☐

Inspection précédente

IMS : 75,1

ICS : 100,0

CECS : 4

PROCHAINE INSPECTION GÉNÉRALE

Fréquence suggérée : 3

Effective : 3

Année prochaine inspection : 2019

INSPECTEURS

Nom des inspecteurs :

Firme :

Ingénieur responsable de l'inspection :

Date

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

LISTE DES ACTIVITÉS D'ENTRETIEN ENREGISTRÉES LORS DE L'INSPECTION GÉNÉRALE

Numéro structure : 02629	Date de l'inspection : 2016-12-01
Route : Route 267	Obstacle : Rivière de l'Or
	Municipalité : Adstock

Activité - Commentaire	Quantité	Unité	\$/Unité	Total	Travée	Groupe	Élément	Numéro	Position
3134 - Réf. côté extérieur de dalle	7	m	1650	11 550 \$	1	Platelage	Côté extérieur		Ouest
3134 - Réf. côté extérieur de dalle	7	m	3100	21 700 \$	1	Platelage	Côté extérieur		Est

Total - Réparation 33 250 \$

Grand total 33 250 \$

15.7 LE RAPPORT D'INSPECTION GÉNÉRALE POUR LES MUNICIPALITÉS/EFA

Le rapport d'inspection générale pour les municipalités peut être utilisé pour transmettre les activités qui doivent être réalisées sur les éléments qui relèvent de la responsabilité de la municipalité. À titre d'exemple, un rapport est présenté ci-dessous.

Un rapport de même nature peut être transmis aux locataires des emprises ferroviaires abandonnées (EFA).

Système de gestion des structures (GSQ-6026)
RAPPORT D'INSPECTION GÉNÉRALE DES ÉLÉMENTS RELEVANT DE LA MUNICIPALITÉ

Numéro de structure : **09452**

Nom :

Route : 9e Rang

Obstacle : Rivière des Abénaquis

Municipalité : Saint-Prosper

Date de l'inspection : 2013-06-26

Travaux à réaliser

Groupe / élément : Platelage / Surface de roulement

Travée	Position	Activité à réaliser	Quantité*	Unité
1		1012 - Nettoyage du dessus de tablier	9	m

Groupe / élément : Chasse-roue / trottoir / Chasse-roue

Travée	Position	Activité à réaliser	Quantité*	Unité
1	Ouest	3335 - Rép./reempl. trottoir/ch.-roue en bois	3	m

Groupe / élément : Approches / Transition de chaussée

Travée	Position	Activité à réaliser	Quantité*	Unité
1	Sud	3027 - Rapiéçage au matériau granulaire	20	m2

* Les quantités indiquées sont approximatives.

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

RAPPORT D'INSPECTION GÉNÉRALE DES ÉLÉMENTS RELEVANT DE LA MUNICIPALITÉ

Numéro de structure: **09452**

(9e Rang / Rivière des Abénaquis / Saint-Prospér)



Date insp.: 2013-06-26 Type struct.: 45

T/G/E/No/Pos: 1/18-Approches/180 - Transition de
chaussée//Sud

Commentaires:

Approche non-pavée. Cavité à l'approche
causant un impact important sur la structure.

* Les quantités indiquées sont approximatives.

Imprimé le 2016-12-01

Page 2 de 2

15.8 LES ACTIVITÉS RECOMMANDÉES

Lors de l'inspection générale, l'inspecteur doit recommander des activités lorsque les critères définis à la section 3.6 sont rencontrés. Ces activités permettent de dresser, pour chaque structure, la liste des activités à exécuter afin d'assurer la sécurité des usagers, de remettre la structure en bon état et de prolonger sa vie utile.

La recommandation d'activités permet également d'établir les besoins en termes monétaires et donc de prévoir et de justifier les budgets nécessaires à la conservation des structures.

Les différentes activités qui peuvent être recommandées et inscrites au système GSQ, à la suite d'une inspection générale, sont présentées dans le tableau 15.8-1.

Les travaux couverts par chacune de ces activités sont décrits dans le *Manuel d'entretien des structures*. Dans ce manuel, les activités sont codifiées et regroupées en quatre catégories d'intervention soit :

- l'entretien préventif (codes 1000);
- l'entretien courant (codes 2000);
- la réparation (codes 3000);
- les activités de réfection majeures (codes 5000).

Il est à noter que les activités de réfection majeure (codes 5000) ne font pas partie de la liste des activités disponibles dans le tableau 15.8-1 parce que ce type d'intervention n'est pas déterminé lors d'une inspection générale, mais plutôt à la suite d'une étude d'opportunité. Ces activités sont donc disponibles seulement au niveau du « Plan de travail » du GSQ.

Sur les fiches d'inspection, les activités sont présentées sous la forme d'un bordereau afin de permettre à l'inspecteur de désigner l'activité recommandée et de quantifier les travaux à exécuter.

Le bordereau des activités est constitué comme suit :

- la première colonne identifie le numéro de codification de l'activité;
- la deuxième montre, s'il y a lieu, l'unité de mesure utilisée pour évaluer le coût d'exécution de travaux;
- la troisième permet de quantifier les travaux à exécuter.

Pour un certain nombre d'activités, l'unité de mesure et le prix unitaire utilisés pour évaluer le coût d'exécution des travaux sont prédéterminés. Dans ce cas, l'unité de mesure indiquée ne peut pas être modifiée. Pour les autres activités, l'unité de mesure et le prix unitaire doivent être établis par l'inspecteur.

Les activités recommandées, de même que les quantités établies, ne doivent pas faire l'objet d'une étude spécifique ou d'un mesurage précis. Cependant, ces informations doivent permettre :

- d'établir, en termes monétaires, les besoins à court et moyen terme (entre 0 et 5 ans) pour chacune des catégories d'intervention qui relève du budget de conservation des structures (codes 1000, 2000 et 3000);
- de préparer la planification quinquennale des travaux de réparation (codes 3000).

Tableau 15.8-1 Activités disponibles par élément

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Cours d'eau et remblai	Cours d'eau	1018	Enlèvement de débris du cours d'eau	heure
		3011	Enrochement	unité
		3012	Correction du cours d'eau	---
	Remblai	1071	Enlèvement de végétation	unité
		3021	Stabilisation de remblai	---
		3023	Réparation de remblai	m ²
	Protection de talus	3022	Protection de talus	m ²
Culée	Protection du lit	3011	Enrochement	unité
	Fondation	3021	Stabilisation de remblai	---
		3023	Réparation de remblai	m ²
		3031	Consolidation de fondation avec sacs sable-ciment/empierrement	unité
		3032	Consolidation de fondation par l'ajout de béton	unité
		3033	Consolidation de pieu	unité
		3034	Réparation de semelle	m ²
		3035	Stabilisation de fondation	---
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
	Mur de front	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		2311	Rechargement de caisson en bois	unité
		2312	Consolidation de caisson en bois	unité
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3111	Réparation de culée en béton	m ²
		3113	Réparation de béquille en béton	m ²
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3311	Remplacement de caisson en bois	m
		3312	Remplacement de banc en bois	m
		3315	Réparation de banc en bois	unité
		3411	Réparation d'élément en maçonnerie	---
	Colonnes	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3111	Réparation de culée en béton	m ²
		3113	Réparation de béquille en béton	m ²
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3211	Réparation de banc en acier	unité
		3212	Réparation de béquille en acier	unité
		3312	Remplacement de banc en bois	m
		3315	Réparation de banc en bois	unité

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Culée	Chevêtre	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3111	Réparation de culée en béton	m ²
		3114	Reconstruction d'éléments d'unité de fondation en béton	unité
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3211	Réparation de banc en acier	unité
		3315	Réparation de banc en bois	unité
	Garde-grève	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		2312	Consolidation de caisson en bois	unité
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3111	Réparation de culée en béton	m ²
		3114	Reconstruction d'éléments d'unité de fondation en béton	unité
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3411	Réparation d'élément en maçonnerie	---
	Blocs d'assise	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		3042	Réparation/modification des blocs d'assise/butoirs	unité
		3314	Réparation/remplacement d'assise de caisson en bois	unité
	Corbeaux	2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3349	Remplacement de corbeau en bois	unité
	Appareils d'appui	2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3043	Remise en position d'appareil d'appui	unité
		3044	Remplacement d'appareil d'appui	unité
		3045	Réparation d'appareil d'appui à rouleaux	unité
		3046	Remplacement d'appareil d'appui à rouleaux	unité
	Butoirs	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		3042	Réparation/modification des blocs d'assise/butoirs	unité

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Culée	Mur en aile/en retour	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		2311	Rechargement de caisson en bois	unité
		2312	Consolidation de caisson en bois	unité
		3111	Réparation de culée en béton	m ²
		3114	Reconstruction d'éléments d'unité de fondation en béton	unité
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3311	Remplacement de caisson en bois	m
		3411	Réparation d'élément en maçonnerie	---
	Assise	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3111	Réparation de culée en béton	m ²
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3211	Réparation de banc en acier	unité
		3314	Réparation/remplacement d'assise de caisson en bois	unité
		3411	Réparation d'élément en maçonnerie	---
Pile	Fondation	3031	Consolidation de fondation avec sacs sable-ciment/empierrement	unité
		3032	Consolidation de fondation par l'ajout de béton	unité
		3033	Consolidation de pieu	unité
		3034	Réparation de semelle	m ²
		3035	Stabilisation de fondation	---
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
	Fût	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		2001	Entretien d'éléments de pont à câbles	---
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		2311	Rechargement de caisson en bois	unité
		2312	Consolidation de caisson en bois	unité
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3112	Réparation de pile en béton	m ²
		3113	Réparation de béquille en béton	m ²
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3201	Réparation/remplacement d'assemblage en acier	unité
		3311	Remplacement de caisson en bois	m
		3411	Réparation d'élément en maçonnerie	---

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Pile	Colonnes/bancs	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		2001	Entretien d'éléments de pont à câbles	---
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3112	Réparation de pile en béton	m ²
		3113	Réparation de béquille en béton	m ²
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3201	Réparation/remplacement d'assemblage en acier	unité
		3211	Réparation de banc en acier	unité
		3212	Réparation de béquille en acier	unité
		3312	Remplacement de banc en bois	m
		3315	Réparation de banc en bois	unité
	Chevêtre	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3112	Réparation de pile en béton	m ²
		3114	Reconstruction d'éléments d'unité de fondation en béton	unité
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3211	Réparation de banc en acier	unité
		3315	Réparation de banc en bois	unité
	Blocs d'assise	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		3042	Réparation/modification bloc d'assise/butoirs	unité
		3314	Réparation/remplacement d'assise de caisson en bois	unité
	Corbeaux	2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3349	Remplacement de corbeau en bois	unité
	Appareils d'appui	2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3043	Remise en position d'appareil d'appui	unité
		3044	Remplacement d'appareil d'appui	unité
		3045	Réparation d'appareil d'appui à rouleaux	unité
		3046	Remplacement d'appareil d'appui à rouleaux	unité
	Butoirs	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		3042	Réparation/modification des blocs d'assise/butoirs	unité

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Pile	Assise	1017	Nettoyage d'unité de fondation	unité
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3112	Réparation de pile en béton	m ²
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3211	Réparation de banc en acier	unité
		3314	Réparation/remplacement d'assise de caisson en bois	unité
		3411	Réparation d'élément en maçonnerie	---
Platelage	Surface de roulement	1012	Nettoyage du dessus de tablier	m
		1013	Balayage de chaussée	m
		1041	Resurfacement de l'enrobé	m ²
		1042	Scellement de fissures de l'enrobé	m
		2011	Intervention pour panneau relatif à la sécurité	unité
		3026	Rapiéçage à l'enrobé	m ²
		3067	Remplacement de l'enrobé	m ²
		3331	Remplacement de plancher en bois	m ²
		3334	Réparation de plancher en bois	m ²
	Système de drainage	1014	Nettoyage de drains	unité
		1015	Nettoyage du système de drainage	unité
		3062	Modification/ajout de drains	unité
		3063	Remplacement du système de drainage	unité
	Côté extérieur	1012	Nettoyage du dessus de tablier	m
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		1082	Sécurisation de dessous de tablier	m ²
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3134	Reconstruction de côté extérieur de dalle	m
		3136	Réparation de côté extérieur de dalle	m

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Platelage	Platelage	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1012	Nettoyage du dessus de tablier	m
		1013	Balayage de chaussée	m
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		1082	Sécurisation de dessous de tablier	m ²
		2131	Réparation temporaire de dalle	heure
		2331	Fixation de traverses en bois	m
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3131	Réparation de dalle sur poutres et de dalle épaisse	m ²
		3132	Réparation de dessous dalle épaisse	m ²
		3135	Réparation du hourdis supérieur de poutre-caisson en béton	m ²
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3231	Réparation de caillebotis	m ²
		3232	Remplacement de caillebotis	m ²
		3331	Remplacement de plancher en bois	m ²
		3332	Remplacement de platelage en bois	m ²
		3333	Remplacement de platelage en lamelles de bois	m ²
		3334	Réparation de plancher en bois	m ²
		3337	Réparation de platelage en bois	unité
Poutre à âme pleine / poutre-caisson	Poutres	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1016	Nettoyage de l'intérieur de poutre-caisson	m
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		1083	Enlèvement de strates de rouille	heure
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3063	Remplacement du système de drainage	unité
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3121	Réparation de poutre/diaphragme en béton armé	m
		3122	Réparation d'extrémité de poutre en béton armé	unité
		3124	Réparation de poutre/diaphragme en béton précontraint	m
		3125	Réparation de poutre-caisson en béton	m ²
		3201	Réparation/remplacement d'assemblage en acier	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3322	Réparation/remplacement de poutre ou diaphragme en bois	m
	Diaphragme d'extrémité à l'intérieur d'une poutre-caisson	1016	Nettoyage intérieur poutre-caisson	m
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3121	Réparation de poutre/diaphragme en béton armé	m
		3125	Réparation de poutre-caisson en béton	m ²
		3126	Reconstruction de diaphragme en béton armé	unité
		3201	Réparation/remplacement d'assemblage en acier	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Poutre triangulée	Corde supérieure	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1012	Nettoyage du dessus de tablier	m
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3222	Remplacement de membrure de poutre triangulée en acier	unité
		3341	Réparation d'une corde de poutre triangulée en bois	m
	Corde inférieure	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1012	Nettoyage du dessus de tablier	m
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3222	Remplacement de membrure de poutre triangulée en acier	unité
		3341	Réparation d'une corde de poutre triangulée en bois	m
	Montants/poteaux	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1012	Nettoyage du dessus de tablier	m
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3222	Remplacement de membrure de poutre triangulée en acier	unité
		3342	Réparation d'un poteau de poutre triangulée en bois	unité
	Diagonales	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1012	Nettoyage du dessus de tablier	m
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3222	Remplacement de membrure de poutre triangulée en acier	unité
		3343	Réparation d'une diagonale de poutre triangulée en bois	unité
	Assemblages	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1012	Nettoyage du dessus de tablier	m
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3201	Réparation/remplacement d'assemblage en acier	unité
Arc	Arc	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1012	Nettoyage du dessus de tablier	m
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3127	Réparation d'éléments d'arc en béton armé	m ²
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3222	Remplacement de membrure de poutre triangulée en acier	unité
	Membrure supérieure	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3222	Remplacement de membrure de poutre triangulée en acier	unité

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Arc	Tirant	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		3127	Réparation d'éléments d'arc en béton armé	m ²
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3222	Remplacement de membrure de poutre triangulée en acier	unité
	Suspentes/montants	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1012	Nettoyage du dessus de tablier	m
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3127	Réparation d'éléments d'arc en béton armé	m ²
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3222	Remplacement de membrure de poutre triangulée en acier	unité
	Diagonales	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3222	Remplacement de membrure de poutre triangulée en acier	unité
	Assemblages	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1012	Nettoyage du dessus de tablier	m
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3201	Réparation/remplacement d'assemblage en acier	unité
Arc à tympans rigides	Tympans	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		3127	Réparation d'éléments d'arc en béton armé	m ²
	Fondation	3032	Consolidation de fondation par l'ajout de béton	unité
		3034	Réparation de semelle	unité
	Voûte	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3127	Réparation d'éléments d'arc en béton armé	m ²
Pont suspendu	Massif d'ancrage	1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3111	Réparation de culée en béton	m ²
		3114	Reconstruction d'éléments d'unité de fondation en béton	unité
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Pont suspendu	Chambre d'épanouissement des câbles	1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		2001	Entretien d'éléments de pont à câbles	---
		3001	Réparation/remplacement d'élément de pont à câbles	unité
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3111	Réparation de culée en béton	m ²
		3114	Reconstruction d'éléments d'unité de fondation en béton	unité
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
	Câble porteur et accessoires	2001	Entretien d'éléments de pont à câbles	---
		3001	Réparation/remplacement d'élément de pont à câbles	unité
	Suspendentes et accessoires	2001	Entretien d'éléments de pont à câbles	---
		3001	Réparation/remplacement d'élément de pont à câbles	unité
	Bras d'articulation	2001	Entretien d'éléments de pont à câbles	---
		3001	Réparation/remplacement d'élément de pont à câbles	unité
	Butoirs	2001	Entretien d'éléments de pont à câbles	---
		3001	Réparation/remplacement d'élément de pont à câbles	unité
	Stabilisateurs transversaux	2001	Entretien d'éléments de pont à câbles	---
		3001	Réparation/remplacement d'élément de pont à câbles	unité
Pont à haubans	Haubans et accessoires	2001	Entretien d'éléments de pont à câbles	---
		3001	Réparation/remplacement d'élément de pont à câbles	unité
	Sabots d'attache des torons	2001	Entretien d'éléments de pont à câbles	---
		3001	Réparation/remplacement d'élément de pont à câbles	unité
	Bras d'articulation	2001	Entretien d'éléments de pont à câbles	---
		3001	Réparation/remplacement d'élément de pont à câbles	unité
Pont couvert	Tirants	3344	Ajustement/remplacement de tirants	unité
	Lambris	3347	Réparation/remplacement du lambris	m ²
		3348	Revêtement protecteur du lambris	m ²
	Toiture	3346	Réparation/remplacement de la toiture	m ²
Structure de tablier	Entretoises	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3121	Réparation de poutre/diaphragme en béton armé	m
		3201	Réparation/remplacement d'assemblage en acier	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3321	Remplacement d'entretroises en bois	unité
	Longerons	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3121	Réparation de poutre/diaphragme en béton armé	m
		3201	Réparation/remplacement d'assemblage en acier	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3323	Remplacement/ajout de longerons en bois	unité

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Contreventement	Contreventements	1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3065	Peinturage d'un ouvrage en acier	m ²
		3121	Réparation de poutre/diaphragme en béton armé	m
		3201	Réparation/remplacement d'assemblage en acier	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3224	Ajout de diaphragme/contreventement de pont acier-bois	unité
		3345	Réparation/remplacement de contreventement en bois	unité
	Portique d'extrémité	1012	Nettoyage du dessus de tablier	m
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3065	Peinturage d'un ouvrage en acier	m ²
		3201	Réparation/remplacement d'assemblage en acier	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3223	Rehaussement de portique de poutre triangulée en acier	unité
		3345	Réparation/remplacement de contreventement en bois	unité
	Diaphragmes	3347	Réparation/remplacement du lambris	m2
		1011	Nettoyage sous le tablier	m
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		1083	Enlèvement de strates de rouille	heure
		2201	Remplacement de boulons/rivets	unité
		3065	Peinturage d'un ouvrage en acier	m ²
		3121	Réparation de poutre/diaphragme en béton armé	m
		3124	Réparation de poutre/diaphragme en béton précontraint	m
		3126	Reconstruction de diaphragme en béton armé	unité
		3201	Réparation/remplacement d'assemblage en acier	unité
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3224	Ajout de diaphragme/contreventement de pont acier-bois	unité
		3322	Réparation/remplacement de poutre ou diaphragme en bois	m
Joint	Élément en élastomère	1031	Remplacement de garniture enclenchée d'un joint de tablier	m
		2053	Déblocage d'un joint de tablier	unité
		3054	Étanchement d'un joint longitudinal	m
	Épaulements	2051	Correction d'épaulement d'un joint de tablier	m
		3026	Rapiéçage à l'enrobé	m ²
	Autres éléments	2052	Correction d'élément en acier d'un joint de tablier	heure
		2053	Déblocage d'un joint de tablier	unité
		3026	Rapiéçage à l'enrobé	m ²
		3051	Remplacement d'un joint de tablier	m
		3052	Joint dalle sur culée	m
		3053	Élimination de joint de tablier à une pile	m
		3054	Étanchement d'un joint longitudinal	m

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Chasse-roue / trottoir	Trottoir	1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		3026	Rapiéçage à l'enrobé	m ²
		3061	Réparation/remplacement de trottoir, chasse-roue ou bande médiane en béton	m ²
		3335	Réparation/remplacement de trottoir/chasse-roue en bois	m
	Chasse-roue	1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		3026	Rapiéçage à l'enrobé	m ²
		3061	Réparation/remplacement de trottoir, chasse-roue ou bande médiane en béton	m ²
		3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité
		3335	Réparation/remplacement de trottoir/chasse-roue en bois	m
	Bande médiane	1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		3026	Rapiéçage à l'enrobé	m ²
		3061	Réparation/remplacement de trottoir, chasse-roue ou bande médiane en béton	m ²
Dispositif de retenue	Glissière	1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		2071	Consolidation de glissière	m
		3071	Réparation de glissière	m
		3073	Remplacement/ajout de glissière	m
	Glissière médiane	1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		2071	Consolidation de glissière	m
		3071	Réparation de glissière	m
		3073	Remplacement/ajout de glissière	m
	Garde-fous	2071	Consolidation de glissière	m
		3071	Réparation de glissière	m
		3073	Remplacement/ajout de glissière	m
Protection contre la corrosion	Acier structural - unité de fondation	1051	Peinture par retouches	m ²
		1052	Peinture par zone	m ²
		3065	Peinturage d'un ouvrage en acier	m ²
	Acier structural - tablier	1051	Peinture par retouches	m ²
		1052	Peinture par zone	m ²
		3065	Peinturage d'un ouvrage en acier	m ²
	Acier structural - poutre triangulée/arc	1051	Peinture par retouches	m ²
		1052	Peinture par zone	m ²
		3065	Peinturage d'un ouvrage en acier	m ²

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Approche	Transition de la chaussée	1042	Scellement de fissures de l'enrobé	m
		2011	Intervention pour panneau relatif à la sécurité	unité
		2012	Intervention pour panneau relatif à la capacité	unité
		3005	Pose/réparation d'un gabarit	unité
		3026	Rapiéçage à l'enrobé	m ²
		3027	Rapiéçage au matériau granulaire	m ²
		3061	Réparation/remplacement de trottoir, chasse-roue ou bande médiane en béton	m ²
		3066	Correction du profil à l'approche	unité
	Système de drainage	1015	Nettoyage du système de drainage	unité
		3068	Aménagement de l'approche	unité
	Glissière	3072	Raccordement glissière à l'approche	unité
		3074	Réparation/remplacement de glissière à l'approche	m
Ponceau	Mur de tête	1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		3069	Réparation/remplacement d'escalier	unité
		3094	Réparation/remplacement d'élément d'entrée/sortie d'un ponceau	unité
	Mur d'aile	3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3411	Réparation d'élément en maçonnerie	---
		3094	Réparation/remplacement d'élément d'entrée/sortie d'un ponceau	unité
	Mur parafouille	3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3411	Réparation d'élément en maçonnerie	---
		3094	Réparation/remplacement d'élément d'entrée/sortie d'un ponceau	unité
	Défecteur/piège à débris	3094	Réparation/remplacement d'élément d'entrée/sortie d'un ponceau	unité
	Fondation	1071	Enlèvement de végétation	unité
		3023	Réparation de remblai	m ²
		3031	Consolidation de fondation avec sacs sable-ciment/empierrement	unité
		3032	Consolidation de fondation par l'ajout de béton	unité
		3034	Réparation de semelle	unité
	Radier	3091	Réparation de ponceau en béton armé	m ²
		3092	Réparation de ponceau en acier	m
		3093	Réparation de ponceau en bois	m
		3095	Réparation de ponceau en polyéthylène	m
	Murs/naissance voûte/ coins inférieurs	3091	Réparation de ponceau en béton armé	m ²
		3092	Réparation de ponceau en acier	m
		3093	Réparation de ponceau en bois	m
		3095	Réparation de ponceau en polyéthylène	m
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3411	Réparation d'élément en maçonnerie	---

GROUPE	ÉLÉMENT	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Ponceau	Dessous de la dalle/voûte	3091	Réparation de ponceau en béton armé	m ²
		3092	Réparation de ponceau en acier	m
		3093	Réparation de ponceau en bois	m
		3095	Réparation de ponceau en polyéthylène	m
		3106	Obturation de fissures par injection	m
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
		3411	Réparation d'élément en maçonnerie	---
Mur de soutènement	Fondation	3031	Consolidation de fondation avec sacs sable-ciment/empierrement	unité
		3032	Consolidation de fondation par l'ajout de béton	unité
		3034	Réparation de semelle	unité
		3035	Stabilisation de fondation	---
	Mur	1018	Enlèvement de débris du cours d'eau	heure
		1061	Imperméabilisation de surfaces de béton	m ²
		1062	Recouvrement avec enduit de surface	m ²
		1071	Enlèvement de végétation	unité
		1081	Enlèvement de fragments de béton	heure
		2312	Consolidation de caisson en bois	unité
		3022	Protection de talus	m ²
		3023	Réparation de remblai	m ²
		3081	Réparation mur de soutènement béton	m ²
		3082	Réparation de mur de soutènement en maçonnerie	m ²
		3084	Réparation - mur de soutènement en bois ou autres matériaux	m ²
		3115	Réparation de fissure d'un élément en béton	m
Autres murs	Fondation	3034	Réparation de semelle	unité
	Mur	3083	Réparation - autres types de mur	m ²
Système d'accès	Passerelle d'inspection	3064	Réparation/remplacement de passerelle d'inspection	---
	Main courante	3221	Réparation/remplacement d'élément en acier	unité

	ACTIVITÉ	DESCRIPTION	UNITÉ
Activités globales pour la structure	1091	Accès à une zone confinée	unité
	2011	Intervention pour panneau relatif à la sécurité	unité
	2012	Intervention pour panneau relatif à la capacité	unité
	2052	Correction d'élément en acier d'un joint de tablier	heure
	3005	Pose/réparation d'un gabarit	unité
	3011	Enrochement	unité
	3022	Protection de talus	m ²
	3042	Réparation/modification des blocs d'assise/butoirs	unité
	3044	Remplacement d'appareil d'appui	uni
	3051	Remplacement d'un joint de tablier	m
	3052	Joint dalle sur culée	m
	3053	Élimination de joint de tablier à une pile	m
	3061	Réparation/remplacement de trottoir, chasse-roue ou bande médiane en béton	m ²
	3062	Modification/ajout de drains	unité
	3064	Réparation/remplacement d'une passerelle d'inspection	---
	3065	Peinturage d'un ouvrage en acier	m ²
	3067	Remplacement de l'enrobé	m ²
	3068	Aménagement de l'approche	unité
	3073	Remplacement/ajout de glissière	m
	3074	Réparation/remplacement de glissière à l'approche	m
	3094	Réparation/remplacement d'élément d'entrée/sortie d'un ponceau	unité
	3114	Reconstruction d'éléments d'unité de fondation en béton	unité
	3126	Reconstruction de diaphragme en béton armé	unité
	3224	Ajout de diaphragme/contreventement de pont acier-bois	unité
	3335	Réparation/remplacement de trottoir/chasse-roue en bois	m
	3349	Remplacement de corbeau en bois	unité

