MANUEL D'INSPECTION DES STRUCTURES

Mars 2009

Québec

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 2009

MANUEL D'INSPECTION DES STRUCTURES

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre 1 Procédure d'inspection

Chapitre 2 Analyse des structures

Chapitre 3 Système d'évaluation de l'état

Chapitre 4 Défauts des matériaux

Chapitre 5 Cours d'eau – 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

PROCÉDURE D'INSPECTION

TABLE DES MATIÈRES

1.1 LES OBJECTIFS DU PROGRAMME D'INSPECTION 1-1

1.2 LE MANDAT DES INTERVENANTS 1-2

1.2.1 La direction territoriale 1-2
1.2.2 La Direction des structures 1-3
1.2.3 L'inspecteur 1-4

1.3 LE PROGRAMME D'INSPECTION DES STRUCTURES 1-6

1.4 LES STRUCTURES CONCERNÉES 1-9

1.5 LES TYPES D'INSPECTIONS 1-9

1.5.1 L'inspection générale 1-9
1.5.2 L'inspection annuelle 1-10
1.5.3 L'inspection sous-marine 1-13
1.5.4 L'inspection spéciale 1-14
1.5.5 L'inspection d'affouillement 1-15
1.5.6 L'inspection d'observation 1-16
1.5.7 L'inspection d'évaluation 1-18

1.6 L'INTERVALLE DES INSPECTIONS 1-18

1.6.1 L'inspection générale 1-18
1.6.2 L'inspection annuelle 1-24
1.6.3 L'inspection sous-marine 1-24
1.6.4 L'inspection spéciale et l'inspection d'évaluation 1-24
1.6.5 L'inspection d'affouillement 1-24
1.6.6 L'inspection d'observation 1-25

1.7 LES NIVEAUX DE STRUCTURES 1-25

1.7.1 Niveau 1 1-25
1.7.2 Niveau 2 1-26
1.7.3 Niveau 3 1-26

1.8 LES INSPECTIONS RÉALISÉES PAR LE PERSONNEL DU MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC 1-27

1.8.1 Les inspections générales et annuelles 1-27
1.8.2 Les autres types d'inspections 1-36

1.9 LES INSPECTIONS CONFIÉES À UNE FIRME PRIVÉE 1-36

1.9.1 Les inspections générales 1-37
1.9.2 Les inspections annuelles 1-40

1.10 LES SUPERFICIES CUMULÉES PAR INSPECTEUR 1-42

1.11 LE MAINTIEN DE LA CLASSIFICATION D'INSPECTEUR 1-43

1.11.1 Les inspections générales 1-43
1.11.2 Les inspections annuelles 1-44

1.12 LES RAPPORTS D'INSPECTION 1-44

1.12.1 Généralités 1-44
1.12.2 L'acheminement des rapports d'inspection 1-44

1.13 LA FERMETURE D'UNE INSPECTION GÉNÉRALE 1-44

1.14 L'ÉQUIPEMENT REQUIS POUR L'INVENTAIRE ET L'INSPECTION 1-46

1.14.1 L'équipement courant 1-46
1.14.2 L'équipement d'accès 1-46

1.15 L'INSPECTION 1-47

1.15.1 La préparation de l'inspection 1-47
1.15.2 La validation des données d'inventaire 1-47
1.15.3 Le déroulement de l'inspection 1-49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.5-1 Défauts décelables lors de l'inspection annuelle d'un pont 1-12
Tableau 1.5-2 Défauts décelables lors de l'inspection annuelle d'un ponceau 1-13
Tableau 1.5-3 Défauts décelables lors de l'inspection annuelle d'un mur 1-13
Tableau 1.6-1 Intervalle d'inspection (années) 1-19
Tableau 1.6-2 Intervalle d'inspection (années) 1-19
Tableau 1.6-3 Intervalle d'inspection (années) 1-20
Tableau 1.8-1 Formations requises pour les inspecteurs de classes A1 et A2 1-27
Tableau 1.8-2 Formation pratique de l'inspecteur de classe A2 1-29
Tableau 1.8-3 Formations requises pour les inspecteurs de classes B1 et B2 1-30

Tableau 1.8-4 Exigences minimales des classes d'inspecteurs pour l'inspection générale et l'inspection annuelle 1-32
Tableau 1.8-5 Classes alternatives d'inspecteurs 1-32
Tableau 1.8-6 Tâches et responsabilités - Structure de niveau 1 1-33
Tableau 1.8-7 Tâches et responsabilités - Structure de niveau 2 1-34
Tableau 1.8-8 Tâches et responsabilités - Structure de niveau 3 1-35
Tableau 1.8-9 Exigences minimales des classes d'inspecteurs pour les autres types d'inspections 1-36
Tableau 1.9-1 Formation et expérience requises pour le personnel des firmes privées qui réalisent des inspections générales 1-38
Tableau 1.9-2 Tâches et responsabilités - Inspection générale confiée à une firme privée 1-39
Tableau 1.9-3 Formation et expérience requises pour le personnel des firmes privées qui réalisent des inspections annuelles 1-41
Tableau 1.10-1 Pourcentage de la surface accumulée 1-42

LISTE DES FIGURES

Figure 1.3.1 Programme d'inspection des structures 1-8

1.1 LES OBJECTIFS DU PROGRAMME D'INSPECTION

Les ponts sont les points névralgiques du réseau routier en raison des conséquences graves que provoquent 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 mettre en danger la sécurité des usagers ou de nécessiter un détournement de la circulation. Un détournement implique toujours des inconvénients, une perte de temps et des coûts pour les usagers.

Les structures commencent à se détériorer dès leur mise en service. L'intensité de la circulation, les charges excédant les limites permises, le courant et les glaces, la rigueur du climat, les sels déglaçants et les collisions de véhicules sont tous des facteurs qui contribuent avec le temps à la détérioration des ouvrages.

La sécurité des structures et la protection du capital investi lors de leur construction ne peuvent être assurées que par des actions entreprises à partir des données recueillies lors d'inspections.

Comme les défauts peuvent affecter différents éléments et se développer plus ou moins rapidement, une inspection minutieuse de tous les éléments de chacune des structures doit être effectuée à intervalles réguliers.

L'eau et les sels de déglaçage qui s'écoulent par un joint de tablier peuvent en quelques années endommager par exemple le béton d'une assise ou d'un chevêtre au point d'entraîner une réparation majeure de ces éléments. D'autres défauts comme la corrosion de l'acier progressent rapidement à partir d'un certain stade de gravité; en quelques années, la capacité des membrures plus fragiles d'une poutre triangulée peut être affectée considérablement.

Des inspections minutieuses doivent donc être réalisées à des intervalles 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 perte de capacité de la structure.

Il serait par ailleurs inutile d'effectuer une inspection minutieuse des structures tous les ans, car cet intervalle est insuffisant pour permettre aux défauts d'apparaître et de se développer suffisamment pour affecter la vie utile ou la capacité d'une structure. Un intervalle d'environ deux à quatre ans entre les inspections minutieuses apparaît donc 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 d'affecter la vie utile ou la capacité d'une structure.

La sécurité des usagers peut cependant être affectée par des défauts comme le soulèvement des plaques d'un joint de tablier à la suite de l'impact des véhicules, le défoncement d'une dalle en béton, un dispositif de retenue endommagé à la suite d'un accident, l'érosion des accotements des remblais d'approche, etc., qui apparaissent soudainement et qui se développent rapidement. Ces défauts peuvent généralement être détectés en marchant sur la chaussée et sous la structure. Cette inspection qui nécessite peu de temps peut être effectuée plus souvent, permettant ainsi d'exercer, entre les inspections minutieuses, un suivi pour la sécurité des structures et des usagers.

Parfois, la stabilité de certaines structures est plus susceptible d'être affectée par des défauts tels que l'affouillement. Pour effectuer les vérifications qui s'imposent, il est alors nécessaire de reconnaître les structures à risques et de procéder à l'inspection de leurs fondations après chaque crue importante. La sécurité de ces structures nécessite donc la réalisation d'inspections particulières récurrentes.

Des inspections particulières, réalisées par des spécialistes, peuvent également devenir nécessaires afin de préciser si les dommages importants déjà détectés peuvent affecter la capacité portante ou la sécurité de certaines structures.

La sécurité d'un ensemble de structures et la protection du capital investi lors de leur construction nécessitent donc la réalisation de plusieurs types d'inspections minutieuses ou sommaires, effectuées à intervalles réguliers ou au besoin, lesquelles sont systématisées par le programme d'inspection des structures.

L'inspection des structures, qui vise avant tout à assurer la sécurité des usagers, est une responsabilité publique qui ne peut relever que de l'ingénieur.

1.2 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.

1.2.1 La direction territoriale

Le mandat de la direction territoriale est :

- de planifier et réaliser les inspections prescrites par le programme d'inspection, selon les intervalles et les exigences 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-6026, dans les délais requis, de manière qu'elles

puissent être utilisées pour la détermination des interventions et la programmation des travaux.

Pour remplir ce mandat, la direction territoriale doit :

- nommer un ingénieur responsable de l'inspection;
- être reconnue de niveau ISO 9001 : 2000 et maintenir cette accréditation;
- prendre les mesures nécessaires afin de disposer d'un nombre suffisant d'inspecteurs ayant les qualifications exigées pour exécuter toutes les inspections à réaliser;
- 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 afin que les inspections soient exécutées selon les règles de sécurité établies sur des structures préalablement nettoyées;
- prendre les dispositions nécessaires pour assurer la réalisation de l'inspection sous-marine des éléments de fondation des structures concernées;
- reconnaître 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 rencontrés nécessite une analyse par des experts;
- assurer le suivi des recommandations de la Direction des structures relativement à la sécurité d'une structure.

1.2.2 La Direction des structures

Le mandat de la Direction des structures est :

- de qualifier les inspecteurs de façon 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 spécifiques 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-6026, le nom des inspecteurs qualifiés;
- s'assurer d'avoir à sa disposition des inspecteurs ayant les qualifications 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 des 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 requis et selon les exigences établies pour chaque type d'inspection.

1.2.3 L'inspecteur

La formation

La formation de base de tous les inspecteurs en structures relève de la Direction des structures ou d'un organisme reconnu par cette direction. Cette formation est donnée sous forme de cours et le présent manuel est fourni.

La formation et le manuel portent 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 manuel remis aux futurs inspecteurs, en plus de servir de support à l'enseignement et à l'apprentissage, 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 spécifiques auxquels doit se référer l'inspecteur afin d'évaluer les défauts.

Les responsabilités

L'inspection est une opération qui consiste essentiellement à rechercher l'information 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 donc avant tout une responsabilité publique qui permet de garantir la sécurité des usagers et, par conséquent, elle ne peut relever que 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 l'autorité 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 exécuter;
- détecter les défauts qui affectent ces éléments;
- aviser immédiatement l'ingénieur responsable ou son supérieur lorsque des défauts majeurs, pouvant affecter la sécurité des usagers, la stabilité ou la capacité portante d'une structure sont détectés;
- 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.

En cas de doute sur l'importance des défauts détectés, l'inspecteur doit se référer à l'ingénieur responsable. Ce dernier peut également consulter un collègue plus expérimenté.

1.3 LE PROGRAMME D'INSPECTION DES STRUCTURES

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

Il consiste essentiellement à réaliser, à intervalles réguliers, une inspection rigoureuse de toutes les structures et à exercer un suivi de leur fiabilité par des inspections visuelles fréquentes.

Le programme d'inspection, montré à la figure 1.3-1, 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 générale est l'élément clé du programme d'inspection, puisqu'elle a pour objectifs de détecter tous 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 durée de la vie de la structure. Elle a aussi pour objet de déterminer les travaux à exécuter pour remettre les éléments en bon état.

L'inspection annuelle consiste à exercer un suivi au chapitre de la sécurité de la structure en effectuant, une fois l'an, un examen visuel de ses éléments.

Quant aux inspections sous-marines, spéciales et d'évaluation, elles sont effectuées pour compléter ou pour préciser les données recueillies lors de l'inspection générale.

Finalement, les inspections d'affouillement et d'observation 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 énumérées ci-dessus doivent être effectuées à une fréquence préétablie lorsqu'il s'agit d'inspections courantes et au besoin dans le cas des inspections particulières.

Le programme d'inspection est supporté par un système d'évaluation de l'état. Ce système permet de classifier les défauts de matériaux selon des degrés de sévérité et d'évaluer le comportement des différents éléments constituant une structure. Le programme d'inspection ne saurait cependant assurer complètement la sécurité et le confort des usagers sans la participation des employés du ministère des Transports. Tout employé du Ministère doit, s'il décèle une anomalie, aviser l'ingénieur responsable des structures de la direction territoriale.

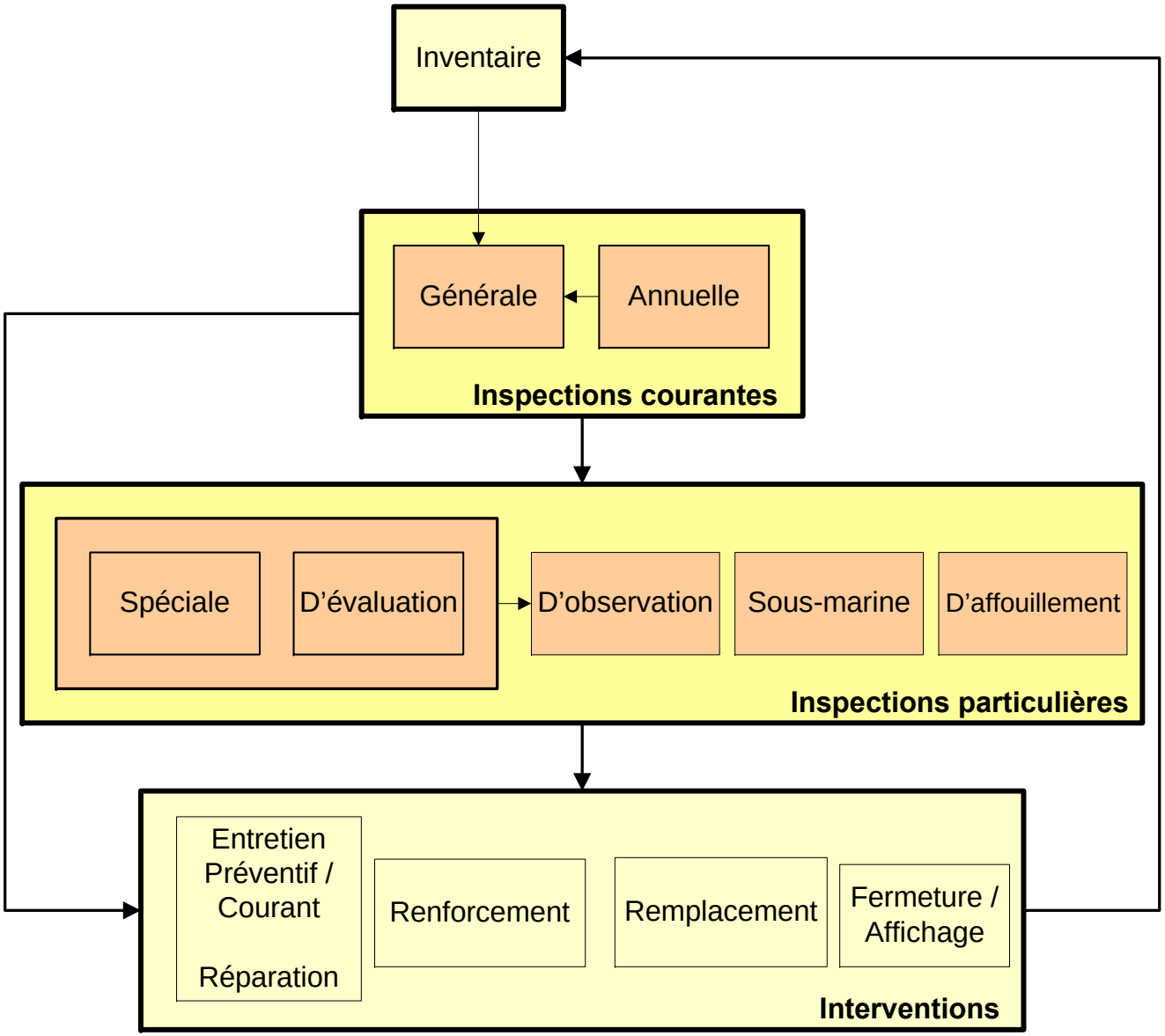


Figure 1.3.1 Programme d'inspection des structures

1.4 LES STRUCTURES CONCERNÉES

Le programme d'inspection concerne les structures qui font partie de l'inventaire tenu à jour par le ministère des Transports 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 et les quais ne sont pas intégrés au système de gestion des structures GSQ-6026. Pour ce qui est des tunnels et des stations de pompage, ceux-ci figurent à l'inventaire du GSQ-6026, mais le détail des données d'inspection n'y est pas intégré. Cependant, l'intervalle de l'inspection générale est fourni dans le module d'inspection et la planification d'intervention y est également permise.

1.5 LES TYPES D'INSPECTIONS

1.5.1 L'inspection générale

L'inspection générale s'applique à toutes les structures concernées par le programme d'inspection.

Elle consiste à examiner systématiquement 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, par exemple un panneau de polymère ou un « filet-grillage » pour la retenue de fragments de béton, cet objet doit être retiré avant d'effectuer l'inspection générale afin que toutes les surfaces à inspecter soient accessibles.

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 « Système d'évaluation de l'état » du présent manuel.

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 reliés aux travaux de réfection ou de remplacement d'éléments;
- des croquis montrant les éléments endommagés et l'ampleur des défauts observés sur chacun d'eux, ainsi que des photographies montrant ces défauts;
- une demande d'information additionnelle, lorsque jugée nécessaire, relative à :
  - une inspection des éléments difficiles d'accès,
  - un avis technique sur la fissuration du béton,
  - une expertise de la dalle,
  - une inspection spéciale,
  - une inspection d'affouillement,
  - une inspection sous-marine,
  - une inspection d'observation,
  - un suivi des risques de chutes de fragments de béton compromettant la sécurité des usagers;
- une liste des éléments particuliers à vérifier lors de l'inspection annuelle.

Les données d'inventaire et d'inspection doivent être saisies dans le GSQ-6026 au plus tard six semaines après que l'inspection a été réalisée.

Les données de l'inspection générale incluant les photos doivent être versées au système de gestion des structures et vérifiées par l'ingénieur responsable de l'inspection.

Le rapport produit à partir des données d'inspection doit être imprimé, vérifié, puis signé par l'ingénieur responsable de l'inspection et versé au dossier de la structure avec les croquis.

Une mise à jour de l'inspection générale peut être nécessaire à la suite d'une inspection annuelle, sous-marine, spéciale, d'affouillement, d'observation, d'évaluation ou d'un changement survenu à un élément de la structure, par exemple à la suite d'un accident ou d'une réparation.

1.5.2 L'inspection annuelle

L'inspection annuelle s'applique à toutes les structures concernées par le programme d'inspection.

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 être la cause d'accidents de la circulation ou affecter la capacité ou la stabilité de la structure.

Les principaux défauts qui peuvent être détectés sur un pont, un ponceau ou un mur lors de l'inspection annuelle sont énumérés aux tableaux 1.5-1, 1.5-2 et 1.5-3 respectivement.

La fiche d'inspection annuelle doit être imprimée à partir du GSQ-6026 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 poids;
- l'évolution de défauts déjà détectés sur des éléments particuliers;
- la présence de défauts pouvant affecter la sécurité et le confort des usagers.

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

Une fois signée par l'ingénieur responsable de l'inspection, la fiche d'inspection annuelle est remise à l'ingénieur responsable des structures qui doit :

- prendre au plus tôt les dispositions qui s'imposent afin d'assurer la sécurité et le confort des usagers lorsque cela est nécessaire;
- modifier les données de l'inspection générale afin de les adapter à la situation réelle observée lors de l'inspection annuelle.

Finalement, la fiche d'inspection annuelle est versée au dossier de la structure.

Tableau 1.5-1 Défauts décelables lors de l'inspection annuelle d'un pont

1.	Accumulation de débris dans le lit du cours d'eau, sur les berges ou sur l'avant-bec des piles.
2.	Accumulation de glaces sur l'avant-bec des piles ou immédiatement à l'amont de la structure.
3.	Affouillement des éléments de fondation ou érosion des remblais d'approche.
4.	Rupture des pièces de bois d'un banc ou des solives du platelage.
5.	Déformation des membrures en acier d'un banc ou d'une poutre triangulée.
6.	Éléments de tablier endommagés par les glaces ou par un véhicule trop haut.
7.	Déviation 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.	Portiques ou contreventements transversaux d'un pont à poutres triangulées endommagés par un véhicule trop haut.
9.	Platelage défoncé.
10.	Éléments en acier d'un joint de dilatation qui claquent ou qui se soulèvent au passage des véhicules.
11.	Garniture en élastomère d'un joint de dilatation soulevée ou arrachée.
12.	Décalage vertical entre les deux côtés d'un joint de dilatation ou pièces saillantes qui peuvent être accrochées par les véhicules de déneigement.
13.	Affaissement important à l'approche immédiate.
14.	Nids-de-poule ou cavités importantes dans la couche d'enrobé bitumineux.
15.	Madriers de plancher très endommagés, mal assujettis ou manquants.
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 dilatation, sur les membrures inférieures d'une poutre triangulée ou dans les drains.
18.	Garde-fous ou glissières sur les ponts ou sur les approches endommagés, renversés ou manquants.
19.	Grille de cuvette ou de puisard endommagée, déplacée ou manquante.
20.	Érosion du remblai d'approche à l'extrémité des murs en retour ou en ailes.
21.	Minage de la protection des talus.
22.	Panneaux de signalisation ou de présignalisation manquants, spécialement ceux relatifs à une restriction de charges.

Tableau 1.5-2 Défauts décelables lors de l'inspection annuelle d'un ponceau

1.	Fissures dans le pavage et dépression dans le profil de la route.
2.	Accumulation de débris à l'entrée du ponceau.
3.	Fissures, minage, déplacements ou autres dommages importants affectant les ouvrages de protection des extrémités du ponceau.
4.	Infiltration, affouillement ou érosion affectant le sol de fondation ou le matériau qui ceinture le ponceau.
5.	Affouillement jusqu'à un niveau situé en dessous des semelles ou du radier.
6.	Fléchissement important de la dalle, de la voûte ou des murs d'un ponceau.
7.	Déformations modifiant même localement les dimensions de la section transversale d'un ponceau en acier.

Tableau 1.5-3 Défauts décelables lors de l'inspection annuelle d'un mur

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

1.5.3 L'inspection sous-marine

Cette inspection concerne les structures dont une partie des éléments de fondation ne peut être inspectée de manière conventionnelle à cause de la profondeur de l'eau. Ces structures sont déterminées par l'ingénieur responsable.

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

Pour ce faire, chacun des éléments des unités de fondation doit faire l'objet d'un relevé de dommages détaillé comme décrit dans le devis de demande de services professionnels *Plongée sous-marine pour l'inspection d'éléments d'unités de fondation de structures*, préparé par la Direction des structures.

Lorsque l'ingénieur responsable de l'inspection ne plonge pas, celui-ci doit pouvoir communiquer 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 obligatoirement inclure un plan montrant l'ampleur des anomalies et des défauts observés sur chacune des faces des éléments de fondation inspectés, des commentaires et des photos pertinentes ainsi que toutes les autres données exigées au devis.

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 du présent manuel, en vue de faire les recommandations nécessaires à la mise à jour de la partie concernée de l'inspection générale.

Le rapport d'inspection doit être signé par l'ingénieur responsable de l'inspection et remis à l'ingénieur responsable des structures afin que ce dernier puisse effectuer la mise à jour de l'inspection générale.

Finalement, le rapport d'inspection sous-marine doit être versé au dossier de la structure.

1.5.4 L'inspection spéciale

L'inspection spéciale peut être nécessaire pour les ouvrages ayant un système structural complexe ou lorsque des défauts importants ont été observés, sur les éléments principaux d'une structure, lors de l'inspection générale.

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 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,
  - au besoin d'une évaluation de la capacité portante de la structure,
  - à la nécessité d'inspection d'observation,
  - à la nécessité de travaux de réparation pour redonner à la structure sa capacité originale.

Le rapport d'inspection spéciale doit être transmis à la direction territoriale concernée et versé au dossier de la structure. En plus de donner suite aux recommandations, la direction territoriale doit effectuer la mise à jour de l'inspection générale.

1.5.5 L'inspection d'affouillement

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

Elle a pour objectifs :

- de détecter les problèmes de minage qui peuvent affecter 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 a un caractère de surveillance, car l'affouillement 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'élément 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 éléments 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, parmi ce groupe, présentent les plus grands risques d'être affectées par un problème d'affouillement lorsque :

- 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 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 affecté par des problèmes de déplacement, de dégradation ou d'exhaussement.

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

- le niveau des eaux hautes extrêmes qui 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 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 minage qui affectent les éléments de fondation ainsi que leur ampleur. Ce rapport doit être transmis à l'ingénieur responsable qui doit utiliser les données qu'il contient pour effectuer la mise à jour de l'inspection générale.

Le rapport de l'inspection d'affouillement doit être signé par l'ingénieur responsable de l'inspection, puis versé au dossier de la structure.

1.5.6 L'inspection d'observation

L'inspection d'observation consiste à dresser le portrait d'une structure en indiquant les éléments ou les parties d'éléments déjà endommagés ou les plus susceptibles d'être endommagés par des surcharges. Par la suite, elle consiste à examiner régulièrement ces éléments de manière à déceler au plus tôt l'apparition de nouveaux défauts et à

suivre l'évolution de défauts déjà détectés qui pourraient être des indices d'une diminution importante du niveau de sécurité de la structure.

Cette inspection vise, entre autres, les structures 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. 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.

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. L'ingénieur responsable doit alors aviser la Direction des structures qui, après analyse, en plus de recommander la réalisation d'inspections d'observation, déterminera les instructions relatives aux éléments à observer, le genre d'observation à effectuer ainsi que leur fréquence.

Le suivi d'un ouvrage par des inspections d'observation peut aussi être considéré comme une façon d'assurer la sécurité de cet ouvrage 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 l'être, 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. Par sa simplicité d'exécution, le relevé d'arpentage est considéré comme une méthode intéressante afin de déterminer la flèche d'une travée.

Le rapport d'inspection d'observation doit faire état des lectures faites 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 de la direction territoriale, de l'ingénieur de l'unité qui a exigé le suivi et de l'ingénieur de la Direction des structures si ce dernier a exigé le suivi. Après analyse, l'ingénieur qui a exigé le suivi avisera des nouvelles dispositions à prendre.

Par la suite, l'ingénieur responsable des structures doit utiliser les données contenues dans le rapport d'inspection d'observation pour effectuer la mise à jour de l'inspection générale.

Le rapport d'inspection d'observation doit être signé par l'ingénieur responsable de l'inspection et versé au dossier de la structure. De plus, une copie doit être transmise à la Direction des structures, s'il y a lieu.

1.5.7 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* de la Direction des structures.

En bref, elle consiste en un examen minutieux des éléments principaux d'une structure dans le but de détecter les défauts et de préciser leur incidence sur la capacité portante de ces éléments par rapport à l'ensemble de la structure.

Le rapport d'inspection d'évaluation doit contenir plusieurs renseignements qui sont décrits dans le *Manuel d'évaluation de la capacité portante des structures*, soit :

- la comparaison des dimensions théoriques prises sur les plans et des dimensions relevées sur le terrain;
- des croquis montrant les éléments endommagés, l'ampleur des dommages observés sur chacun d'eux ainsi que les modifications qui ont pu être apportées à la structure au cours des ans;
- des photographies montrant les défauts observés.

Le rapport d'inspection d'évaluation doit être signé par l'ingénieur responsable de l'inspection et versé au dossier de la structure. Dès la réception de ce rapport, l'ingénieur responsable à la direction territoriale doit faire la mise à jour de l'inventaire et de l'inspection générale, s'il y a lieu.

Il est à noter que la saisie des résultats de l'évaluation de la capacité portante dans le GSQ-6026 est réservée à la Direction des structures.

1.6 L'INTERVALLE DES INSPECTIONS

1.6.1 L'inspection générale

1.6.1.1 Détermination de l'intervalle

Dans le cas des nouvelles structures (ponts, ponceaux ou murs) ou des structures existantes 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 des Transports qui doivent réaliser cette première inspection générale.

La seconde inspection générale doit être réalisée après trois ans au maximum.

Par la suite, et pour toutes les autres structures, l'intervalle entre les inspections générales doit être déterminé en utilisant les tableaux ci-dessous. 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, déterminé à l'aide d'équations empiriques présentées à la suite des tableaux.

Tableau 1.6-1 Intervalle d'inspection (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**						
Min [IMS/ICS]	**ÂGE (virtuel)**						
	0 à 19	**20 à 29**	**30 à 39**	**40 à 49**	**50 à 59**	**60 à 69**	**70 et +**
< 75	3	3	3	3	2	2	2
75 à 89	4	4	4	3	3	3	2
90 à 94	4	4	4	4	3	3	3
95 et +	4	4	4	4	4	3	3

Tableau 1.6-2 Intervalle d'inspection (années)

TYPES DE STRUCTURES :	**61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 72, 74, 76, 81 et 82**						
Min [IMS/ICS]	**ÂGE (virtuel)**						
	0 à 19	**20 à 29**	**30 à 39**	**40 à 49**	**50 à 59**	**60 à 69**	**70 et +**
< 75	2	2	2	2	2	2	2
75 à 89	3	3	3	2	2	2	2
90 à 94	3	3	3	3	2	2	2
95 et +	4	4	4	3	3	2	2

Tableau 1.6-3 Intervalle d'inspection (années)

TYPES DE STRUCTURES : 15, 17, 18 et 20							
Min [IMS/ICS]	**ÂGE (virtuel)**						
	0 à 19	**20 à 29**	**30 à 39**	**40 à 49**	**50 à 59**	**60 à 69**	**70 et +**
< 75	2	2	2	2	2	2	2
75 à 89	3	2	2	2	2	2	2
90 à 94	3	3	2	2	2	2	2
95 et +	4	3	3	2	2	2	2

Calcul de l'âge virtuel

$$Av = Ka * Kc * Age \quad \text{(Équation 1)}$$

où Av = âge virtuel de la structure
Ka = facteur d'affichage de la structure calculé à partir de l'équation 2
Kc = facteur de circulation calculé à partir de l'équation 3
Age = âge de la structure calculé à partir de l'année de construction du système structural

Calcul du facteur Ka

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

$$Ka \geq 1.0$$

où F = facteur 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 :

- si l'année est plus grande ou égale à 1960, alors Ka est égal à 1;
- si l'année est plus petite que 1960, alors **l'intervalle d'inspection doit être fixé par l'ingénieur responsable** . Cependant, cet intervalle ne doit pas dépasser la plus petite des deux valeurs suivantes : soit l'intervalle obtenu en utilisant une valeur de Ka égale à 1 ou 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. Les critères deviennent donc les suivants :

- si l'année est plus grande ou égale à 1990, alors Ka est égal à 1;
- si l'année est plus petite que 1990, alors **l'intervalle d'inspection doit être fixé par l'ingénieur responsable.** Cependant, cet intervalle ne doit pas dépasser la plus petite des deux valeurs suivantes : soit l'intervalle obtenu en utilisant une valeur de Ka égale à 1 ou 3 ans.

Calcul du facteur Kc

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

$$Kc \geq 1.0$$

Où DJMA = débit journalier moyen annuel

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

Pour certaines structures d'envergure, la fréquence d'inspection de certains éléments peut être différente de celle indiquée au tableau 1.6.2 et doit être déterminée par la Direction des structures.

1.6.1.2 Limites de la méthode de calcul

Lorsque l'indice IMS ou l'indice ICS est égal à (-1), cela veut dire qu'il y a une erreur en ce qui concerne le calcul de l'indice. L'intervalle d'inspection doit alors être fixé par l'ingénieur responsable et il ne doit pas dépasser trois ans.

Les intervalles d'inspection obtenus par cette méthode de calcul peuvent être modifiés lorsque des facteurs non considérés dans la méthode affectent l'état du pont (accidents, inondation, augmentation du transport lourd, etc.). Il est alors du devoir de l'ingénieur responsable de revoir à la baisse l'intervalle d'inspection suggéré et d'inscrire la fréquence d'inspection effective au système de gestion des structures.

Pour une structure qui a fait l'objet d'une réfection, d'un renforcement ou d'une réparation, une inspection doit être réalisée dès la fin des travaux afin de mettre à jour les données de l'inventaire et de l'inspection générale.

1.6.1.3 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 :**

1. L'intervalle d'inspection générale établi pour la structure est supérieur à deux ans;
2. L'élément difficile d'accès était en bon état lors de la dernière inspection générale :
   - les pourcentages de matériaux dans les états C et D sont égaux à 0 %;
   - la cote de comportement est égale à 3 ou 4;
3. La structure ne fait l'objet d'aucune restriction de charge ni d'aucune recommandation d'affichage;
4. 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.

Le report des données d'inspection n'est pas permis deux fois consécutives

Lors de l'inspection, 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.

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 au tableau 1.6-2 :

- 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 est peu ou pas éclaboussée par les sels fondants des véhicules, alors l'intervalle d'inspection peut être allongé lorsque toutes les conditions énumérées au principe général sont respectées. Toutefois, l'intervalle entre deux

inspections, dans cette partie de la structure, ne doit pas être supérieur à deux fois l'intervalle établi pour l'inspection générale du pont.

1.6.1.4 L'auscultation des dalles de béton

Pour certains ponts, les coûts et les inconvénients découlant de travaux de réparation ou de remplacement de la dalle sont, en proportion, si importants qu'il devient pertinent de procéder à une auscultation approfondie et régulière de la dalle, comme la mesure du potentiel de corrosion.

Les structures visées par l'auscultation sont celles répondant aux critères suivants :

- Ponts sans membrane d'étanchéité efficace (généralement les ponts construits avant 1986 qui n'ont pas fait l'objet d'intervention à la dalle depuis);
- Ponts situés sur une route dont le DJMA > 500;
- Ponts dont le type figure parmi les suivants, c'est-à-dire ne possédant pas de dalle facilement remplaçable (dite d'usure) et dont la construction nécessite des étaiements :
  - 31 : dalle pleine en béton armé,
  - 32 : dalle pleine en béton précontraint,
  - 33 : dalle évidée en béton armé,
  - 34 : dalle évidée en béton précontraint,
  - 35 : portique en béton armé,
  - 37 : portique en béton précontraint,
  - 38 : pont à béquille en béton armé,
  - 39 : pont à béquille en béton précontraint,
  - 41 : poutres en béton armé,
  - 43 : poutres en béton précontraint coulées en place,
  - 47 : portique en béton armé,
  - 50 : pont à béquille en béton armé,
  - 56 : poutres-caissons en béton armé,
  - 57 : poutres-caissons en béton précontraint.

Une auscultation devrait être réalisée sur ces dalles de pont afin de recueillir des informations sur l'état de dégradation des matériaux, en particulier le niveau d'activité de corrosion. Après une certaine période de temps, dépendamment des résultats de la première auscultation, une deuxième auscultation devrait être réalisée afin d'évaluer l'évolution des détériorations. L'auscultation des ponts de type poutres-caissons et de ceux en béton précontraint coulé en place doit être priorisée.

1.6.1.5 Tunnels et stations de pompage

Les tunnels (type 94) et les stations de pompage (type 98) sont exclus de la procédure décrite plus haut.

L'intervalle entre les inspections générales des tunnels est fixé 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.

1.6.2 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.

Pour les structures situées au-dessus ou le long d'un cours d'eau, cette inspection devrait être effectuée immédiatement après la période où ces structures sont le plus sollicitées par le cours d'eau, soit après la période de crue, après de fortes pluies ou après de grandes marées.

L'ingénieur responsable peut aussi exiger pour certaines structures que des vérifications relatives au comportement de certains éléments soient effectuées entre les inspections annuelles.

1.6.3 L'inspection sous-marine

L'inspection sous-marine des éléments de fondation des structures concernées par ce type d'inspection doit être réalisée au moins une fois tous les dix ans. Cet intervalle peut être diminué par l'ingénieur responsable pour tenir compte des particularités d'un cours d'eau ou pour suivre l'évolution de défauts déjà détectés.

1.6.4 L'inspection spéciale et l'inspection d'évaluation

L'inspection spéciale et l'inspection d'évaluation n'ont pas de fréquence, parce qu'elles sont effectuées pour répondre à un besoin spécifique.

1.6.5 L'inspection d'affouillement

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

1.6.6 L'inspection d'observation

L'inspection d'observation des structures concernées doit être réalisée selon la fréquence établie par l'ingénieur responsable ou celui de la Direction des structures qui a exigé ce type de suivi.

1.7 LES NIVEAUX DE STRUCTURES

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).

Les structures de niveau 1 sont considérées comme les structures les plus complexes.

1.7.1 Niveau 1

Les types de structures qui se trouvent dans le niveau 1 sont les suivants :

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

1.7.2 Niveau 2

Les types de structures qui se trouvent dans le niveau 2 sont les suivants :

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

Dans le niveau 2, il faut également inclure 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.

1.7.3 Niveau 3

Les types de structures qui se trouvent dans le niveau 3 sont les suivants :

Type	Description
11 à 21	Ponceaux
33, 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 reportées au niveau 2.

1.8 LES INSPECTIONS RÉALISÉES P AR LE PERSONNEL DU MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

1.8.1 Les inspections générales et annuelles

1.8.1.1 Les classes d'inspecteurs

Pour répondre aux besoins du programme d'inspection, six 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;
- la classe C.

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 1.8-1 Formations requises pour les inspecteurs de classes A1 et A2

Formations	Classe d'inspecteur	
	A1	A2
Inspection des structures 2008/ Transition – Inspection des structures 2008	x	x
Entretien des structures	x	x
Conception des structures	x	
Murs et ponceaux	x	
Notions complémentaires pour l'inspection des ponts en acier	x	

De plus, il est recommandé que l'ingénieur de classe A2, qui doit réaliser de façon courante l'inspection de ponts acier-bois, de ponceaux ou de murs, suive également les formations particulières à ces ouvrages.

En vue d'obtenir la classe A2, le futur inspecteur doit également effectuer une formation pratique en inspection générale. Cette formation consiste à réaliser, en compagnie d'un inspecteur de classe A1, et selon les exigences du système d'inspection actuel, l'inspection générale d'au moins une structure de chacun des regroupements de types de structures présentés dans le tableau 1.8-2. Cette exigence s'applique pour les types de structures du tableau qui sont sous la gestion de sa direction territoriale.

Dans le cas où la surface du tablier est supérieure à 500 m^2, l'inspection de la structure peut se limiter à cette superficie aux fins de la formation pratique.

Quant à l'inspecteur de classe A1, il doit :

- avoir réussi les formations théoriques indiquées dans le tableau 1.8-1;
- avoir achevé la même formation pratique que l'inspecteur de classe A2 (voir le tableau 1.8-2);
- avoir déjà réalisé en tant qu'inspecteur de classe A2, et selon les exigences du système d'inspection actuel, l'inspection générale de structures, correspondant à un minimum de 60 000 m^2 de surface de tabliers de ponts, de ponceaux et de murs, dont un maximum de 7500 m² de murs.

Cas particulier des ingénieurs de la Direction des structures :

Dans le but de rentabiliser les coûts associés à l'utilisation des équipements d'accès aux structures, un ingénieur de la Direction des structures, qui a réussi la formation « Inspection des structures 2008 » ou « Transition – Inspection des structures 2008 », peut agir à titre d'inspecteur de classe F et **accompagner un inspecteur de classe A1** lors de la réalisation de l'inspection générale des **éléments du tablier** d'un pont s'il a réalisé des évaluations de la capacité portante de ponts pendant au moins deux ans. L'expérience d'évaluation, incluant l'inspection d'évaluation, doit couvrir au moins un type de ponts dans chacun des trois regroupements suivants :

- Ponts en béton armé (types 31, 33, 35, 36, 38, 41, 47, 48 et 50);
- Ponts avec poutres d'acier (types 44, 49 et 51);
- Ponts avec poutres triangulées (types 61, 62, 63 et 65).

Tableau 1.8-2 Formation pratique de l'inspecteur de classe A2

Type	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 Ponts (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	Ponts à poutres à âme pleine en acier (travées continues)
45	Ponts acier-bois
49 51	Portiques à poutres à âme pleine en acier Ponts (poutres à âme pleine) à béquilles en acier
56, 57, 58	Ponts à poutres-caissons, en béton armé ou 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
81, 82	Ponts à câbles
97	Mur

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 les techniciens.

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

Tableau 1.8-3 Formations requises pour les inspecteurs de classes B1 et B2

Formations	Classe d'inspecteur	
	B1	B2
Inspection des structures 2008/ Transition – Inspection des structures 2008	x	x
Entretien des structures	x	
Conception des structures		
Murs et ponceaux	x	
Notions complémentaires pour l'inspection des ponts en acier		

En vue de l'obtention de la classe B2, le futur inspecteur doit également effectuer une formation pratique en inspection générale. Cette formation consiste à réaliser, en compagnie d'un inspecteur de classe A1, et selon les exigences du système d'inspection actuel, l'inspection générale d'au moins une structure de chacun des regroupements de types de structures de niveau 3 présentés à la section 1.7.3. Cette exigence s'applique pour les types de structures du tableau qui sont sous la gestion de sa direction territoriale.

Dans le cas où la surface du tablier est supérieure à 500 m^2, l'inspection de la structure peut se limiter à cette superficie aux fins de la formation pratique.

Quant à l'inspecteur de classe B1, il doit :

- avoir réussi les formations théoriques indiquées dans le tableau 1.8-3;
- avoir achevé la même formation pratique que l'inspecteur de classe B2 (voir le tableau de la section 1.7.3);
- avoir déjà réalisé en tant qu'inspecteur de classe B2, et selon les exigences du système d'inspection actuel, l'inspection générale d'un nombre de structures correspondant à un minimum de 60 000 m^2 de surface de tabliers de ponts, de ponceaux et de murs, dont un maximum de 7500 m^2 de murs.

La classe F

L'inspecteur de classe F est un ingénieur ou un technicien en génie civil qui a déjà réussi la session de formation relative à l'inspection des structures, donnée par la Direction des structures, et qui est en 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.

La classe C

L'inspecteur de classe C est une personne qui a déjà réussi la session de formation relative à l'inspection des structures antérieure à 2008, donnée par la Direction des structures. Sous la responsabilité d'un ingénieur, l'inspecteur de cette classe peut réaliser des inspections annuelles seulement.

1.8.1.2 Les classes d'inspecteurs en fonction du niveau de structure

Le tableau 1.8-4 présente les exigences minimales pour les classes d'inspecteurs 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 au tableau 1.8-5. Pour ce qui est de l'accompagnateur lors de l'inspection annuelle, aucune formation ni aucune expérience spécifique 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.

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 1.8-4 Exigences minimales d es classes d'inspecteurs pour l'inspection générale et l'inspection annuelle

	Inspection générale				Inspection annuelle	
Niveau de structure	**A1**	**A2**	**B1**	**B2**	**C**	**Accompagnateur**
1	**x**			**x**	**x**	**x**
2		**x**		**x**	**x**	**x**
3			**x**	**x**	**x**	**x**

Tableau 1.8-5 Classes alternatives d'inspecteurs

Classe d'inspecteur	Classe d'inspecteur remplaçant
A2	A1
B1	A2 ou A1
B2	B1, A2 ou A1
C	B2, B1, A2 ou A1

1.8.1.3 Classe d'inspecteur pour la validation des données d'inventaire

La validation des données d'inventaire doit être réalisée par deux inspecteurs de classe A ou B. L'une de ces deux personnes doit appartenir à la classe B1 au minimum.

1.8.1.4 Les tâches et responsabilités relatives à l'inspection générale

Les tableaux 1.8-6, 1.8-7 et 1.8-8 résument les tâches et 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 et que les informations recueillies sont précises et fiables.

Tableau 1.8-6 Tâches et responsabilités - Structure 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 et/ou interventions pour des cotes CEC de 1		Réalise
Photographies	Réalise	
Production de croquis	Réalise	Vérifie
Saisie des données dans le système GSQ-6026	Réalise	Vérifie
Actions à prendre pour compléter l'inspection (expertises)		Réalise
Planification des travaux à exécuter sur la structure		Réalise

(1) **Tous les éléments principaux de la structur e doivent être inspectés pa r les deux inspecteurs** . Les données recueillies par un inspecteur doivent toujours être vérifiées par l'autre inspecteur. **Les éléments secondaires peuvent être inspectés par un inspecteur B1.**

Tableau 1.8-7 Tâches et responsabilités - Structure 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 et/ou interventions pour des cotes CEC de 1		Réalise
Photographies	Réalise	
Production de croquis	Réalise	Vérifie
Saisie des données dans le système GSQ-6026	Réalise	Vérifie
Actions à prendre pour compléter l'inspection (expertises)		Réalise
Planification des travaux à exécuter sur la structure		Réalise

(1) **Tous les éléments principaux de la structur e doivent être inspectés pa r les deux inspecteurs** . Les données recueillies par un inspecteur doivent toujours être vérifiées par l'autre inspecteur. **Les éléments secondaires peuvent être inspectés par un inspecteur B1.**

Tableau 1.8-8 Tâches et responsabilités - Structure 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 et/ou interventions pour des cotes CEC de 1		Avise l'ingénieur	Prend les dispositions nécessaires
Photographies	Réalise		
Production de croquis	Réalise	Vérifie	(2)
Saisie des données dans le système GSQ-6026	Réalise	Vérifie	(2)
Actions à prendre pour compléter l'inspection (expertises)		Suggère	Réalise
Planification des travaux à exécuter sur la structure			Réalise

(1) **Tous les éléments principaux de la structur e doivent être inspectés pa r les deux inspecteurs** . Les données recueillies par un inspecteur doivent toujours être vérifiées par l'autre inspecteur. **Les éléments secondaires peuvent être inspectés par un inspecteur B1.**

(2) L'ingénieur doit s'assurer que toutes les activités ont été exécutées conformément aux exigences et que les données recueillies sont précises et fiables.

1.8.2 Les autres types d'inspections

Une équipe d'inspection est toujours constituée d'au moins deux personnes. À la section 1.8.1, les classes d'inspecteurs pour la réalisation des inspections générales et annuelles ont été présentées. Pour les autres types d'inspections, c'est-à-dire les inspections sous-marines, spéciales, d'affouillement, d'observation et d'évaluation, le tableau 1.8-9 présente les exigences minimales relatives à l'équipe d'inspection.

Tableau 1.8-9 Exigences minimales des classes d'inspecteurs pour les autres types d'inspections

Type d'inspection	Exigences minimales de l'équipe
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
Évaluation	Un ingénieur de la Direction des structures

1.9 LES INSPECTIONS CONFIÉES À UNE FIRME PRIVÉE

Des inspections générales et annuelles peuvent être confiées à une firme privée. Le fournisseur désigne alors 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 est également demandée dans le mandat, celle-ci doit être réalisée par une équipe d'inspection générale.

L'information contenue dans cette section fait référence au devis de demande de services professionnels *Inventaire et inspection des structures*, préparé par la Direction des structures.

1.9.1 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 en structure;

et

- un technicien en génie civil.

Dans le but d'acquérir de l'expérience en inspection générale, un ingénieur junior ou stagiaire, inscrit au tableau de l'Ordre des ingénieurs, peut remplacer un technicien dans l'équipe d'inspection.

Le chargé de projet et l'ingénieur en structure doivent être membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec.

Le technicien 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.

Le chargé de projet ainsi que tous les membres de l'équipe d'inspection générale doivent également avoir réussi les formations données par un organisme reconnu par la Direction des structures et indiquées dans le tableau 1.9-1. De plus, l'expérience de ces personnes doit correspondre à l'une ou l'autre des exigences décrites dans le même tableau.

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 au tableau 1.9-2 :

Tableau 1.9-1 Formation et expérien ce requises pour le personnel des firmes privées qui réalisent des inspections générales

	Chargé de projet	Équipe d'inspection	
	Ingénieur	Ingénieur	Technicien
Formations			
Inspection des structures 2008 / Transition-Inspection des structures 2008	x	x	x
Entretien des structures	x	x	
Expérience			
Doit correspondre à l'une ou l'autre des exigences suivantes :			
Nombre d'années d'expérience en conception et/ou évaluation de la capacité portante et/ou entretien (impliquant l'analyse structurale) de ponts	8 ans	8 ans	
et	et	et	S. O.
Avoir réalisé l'inspection générale d'au moins	0 m^2	0 m^2	
ou			
Nombre d'années d'expérience en conception et/ou évaluation de la capacité portante et/ou entretien (impliquant l'analyse structurale) de ponts	5 ans	5 ans	
et	et	et	S. O.
Avoir réalisé l'inspection générale d'au moins	30 000 m^2 de surface de tablier de pont, de ponceaux et de murs, dont 7500m^2 max de murs	30 000 m^2 de surface de tablier de pont, de ponceaux et de murs, dont 7500m^2 max de murs	
ou			
Nombre d'années d'expérience en conception et/ou évaluation de la capacité portante et/ou entretien (impliquant l'analyse structurale) de ponts	3 ans	3 ans	
et	et	et	S. O.
Avoir réalisé l'inspection générale d'au moins	60 000 m^2 de surface de tablier de pont, de ponceaux et de murs, dont 7500m^2 max de murs	60 000 m^2 de surface de tablier de pont, de ponceaux et de murs, dont 7500m^2 max de murs	

Tableau 1.9-2 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 et/ou interventions pour les cotes de comportement (CEC) de 1		Avise le chargé de projet	Avise le représentant du Ministère
Photographies	Réalise		
Production de croquis tels que le relevé de fissuration	Réalise	Vérifie	
Analyse de la fissuration		Réalise et vérifie	Réalise et vérifie
Saisie des données dans le système GSQ-6026	Réalise	Vérifie	
Actions à prendre pour compléter l'inspection (expertises)		Recommande	Avise le représentant du Ministère
Audit			Audite 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 [4]
Rapport d'audit			Prépare un rapport d'audit pour le Ministère [4]

(1) **Tous les éléments de la structur e doivent être inspectés par les deux inspecteurs** . Les données recueillies par un inspecteur doivent toujours être vérifiées par l'autre.

(2) L'ingénieur de l'équipe d'inspection est l'ingénieur responsable de l'inspection générale de la structure qu'il a inspectée.

(3) Le chargé de projet, en plus d'être l'interlocuteur du fournisseur, est le 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.

1.9.2 Les inspections annuelles

L'inspection annuelle confiée à une firme privée est réalisée 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 un ingénieur membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec.

Le technicien doit détenir un diplôme d'études collégiales (DEC) en génie civil reconnu par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport 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 données par un organisme reconnu par la Direction des structures et indiquées dans le tableau 1.9-3.

Pour ce qui est de l'accompagnateur, aucune formation ou expérience spécifique en inspection de structures n'est requise. Les informations concernant l'accompagnateur lors d'une inspection annuelle ne sont pas saisies dans le GSQ-6026.

Tableau 1.9-3 Formation et expérien ce requises pour le personnel des firmes privées qui réalisent des inspections annuelles

	Chargé de projet	Équipe d'inspection	
	Ingénieur	Technicien	Accompagnateur
Formations			
Inspection des structures 2008 / Transition-Inspection des structures 2008	x	x	S. O.
Entretien des structures	x		
Expérience			
Doit correspondre à l'une ou l'autre des exigences suivantes :			
Nombre d'années d'expérience en conception et/ou évaluation de la capacité portante et/ou entretien (impliquant l'analyse structurale) de ponts	8 ans		
et	et	S. O.	S. O.
Avoir réalisé l'inspection générale d'au moins	0 m^2		
ou			
Nombre d'années d'expérience en conception et/ou évaluation de la capacité portante et/ou entretien (impliquant l'analyse structurale) de ponts	5 ans		
et	et	S. O.	S. O.
Avoir réalisé l'inspection générale d'au moins	30 000 m^2 de surface de tablier de pont, de ponceaux et de murs, dont 7500m^2 max de murs		
ou			
Nombre d'années d'expérience en conception et/ou évaluation de la capacité portante et/ou entretien (impliquant l'analyse structurale) de ponts	3 ans		
et	et	S. O.	S. O.
Avoir réalisé l'inspection générale d'au moins	60 000 m^2 de surface de tablier de pont, de ponceaux et de murs, dont 7500m^2 max de murs		

1.10 LES SUPERFICIES CUMULÉES PAR INSPECTEUR

Les superficies des structures inspectées sont cumulées dans le système GSQ-6026 pour chaque inspecteur. Le cumul est effectué lors de la réalisation d'inspections générales seulement 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 5000 m^2.
- Dans le système GSQ-6026, il est possible d'inscrire jusqu'à neuf inspecteurs différents pour une même structure.

Le nombre de mètres carrés attribué à chaque inspecteur varie selon le nombre d'inspecteurs comme indiqué dans le tableau 1.10-1. Il est à noter que pour le calcul du nombre d'inspecteurs, le système GSQ ne tient pas compte des inspecteurs de classe F. Cependant, les superficies inspectées par cet inspecteur de classe F sont cumulées à son dossier selon les règles établies.

Exemple de calcul selon le nombre d'inspecteurs :

Il y a quatre inspecteurs sur le terrain, dont l'un appartient à la classe F.

Le système considère que le nombre d'inspecteurs à utiliser dans le tableau 1.10-1 est égal à trois et, par conséquent, chacun des quatre inspecteurs accumulera 100 % de la surface inspectée.

Tableau 1.10-1 Pourcentage de la surface accumulée

Nombre d'inspecteurs (excluant la classe F)	% de surface par inspecteur
2 ou 3	100
4 ou 5	50
6 ou 7	33
8 ou 9	25

Le système GSQ-6026 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 1.8.1.2. 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 GSQ-6026.

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 se verront alors attribuer 0 m^2 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 seule fois.

Il est à noter que l'ingénieur responsable de l'inspection n'accumule pas de superficie, sauf s'il fait partie de l'équipe d'inspection sur le terrain.

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 provenant de firmes privées, alors ce sont les règles d'inspections réalisées par les ressources du Ministère qui s'appliquent. Ainsi, un ingénieur provenant d'une firme privée est considéré comme un inspecteur de classe A1 et un technicien provenant d'une firme privée est considéré comme un inspecteur de classe B2.

1.11 LE MAINTIEN DE LA CLASSIFICATION D'INSPECTEUR

1.11.1 Les inspections générales

Afin de conserver leur classification, les inspecteurs du Ministère des classes A et B, de même que les inspecteurs et les chargés de projets des firmes privées, doivent réaliser des inspections générales et accumuler une superficie minimale de 10 000 m^2 de surface de tabliers, ponceaux et murs sur une période de trois ans, dont 1000 m^2 au maximum de murs. Il est à noter que la limite de 5000 m^2 qui peut être accumulée pour chaque structure s'applique également ici.

La vérification du nombre de mètres carrés est réalisée le 1er janvier de chaque année, mais la première vérification aura lieu le 1er janvier 2011, étant donné que le présent système d'inspection est en vigueur depuis le 1er janvier 2008.

Lors des vérifications, si un inspecteur n'a pas accumulé le nombre minimum de mètres carrés requis, deux possibilités s'offrent à lui afin qu'il maintienne sa classification, soit :

- réussir un examen de maintien de la classification;

ou

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

À défaut de satisfaire à l'une ou l'autre de ces exigences, l'inspecteur perdra sa classification et devra réussir à nouveau la formation « inspection des structures 2008 » pour retrouver sa classification d'inspecteur.

1.11.2 Les inspections annuelles

À partir du 1er avril 2011, tous les inspecteurs de classe C devront avoir réussi la formation « Inspection de structures 2008 » afin de maintenir leur classification.

1.12 LES RAPPORTS D'INSPECTION

1.12.1 Généralités

Tous les rapports d'inspection doivent être signés par l'ingénieur responsable de l'inspection et doivent être conservés au dossier de la structure durant toute la durée de vie de l'ouvrage.

1.12.2 L'acheminement des rapports d'inspection

Tous les rapports d'inspection qui établissent ou qui précisent l'état des matériaux et le comportement des éléments d'une structure, ou qui recommandent des mesures de sécurité ou des travaux de réparation, doivent être transmis à l'unité administrative dépositaire du dossier de la structure en territoire.

1.13 LA FERMETURE D'UNE INSPECTION GÉNÉRALE

La fermeture d'une inspection concerne les inspections générales seulement. Elle permet de conserver l'historique des inspections générales réalisées dans le système de gestion des structures.

La fermeture d'une inspection est d'abord une opération réalisée par le système informatique qui consiste à effectuer une série de vérifications sur les données enregistrées au système afin de s'assurer qu'elles sont complètes. Les éléments suivants sont validés par le GSQ-6026 :

- la présence de toutes les valeurs requises par le système d'évaluation de l'état (l'état du matériau et la cote d'évaluation du comportement);
- la présence de commentaires lorsque ceux-ci sont recommandés;
- la présence des 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 prises à la suite de l'inspection et, par conséquent, elle doit être effectuée par un ingénieur de la direction territoriale qui détient le rôle approprié dans le système (rôle « ingénieur » ou rôle « responsable IRS »).

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.

À la suite de la fermeture 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 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 dernie r qui doit signer le rapport d'inspection générale.**

En aucun temps, l'ingénieur responsable de la fermeture d'une inspection générale n'a à signer le rapport d'inspection générale . Par contre, advenant le cas où une action devrait être entreprise à la suite de cette inspection, celui-ci devrait prendre les mesures appropriées selon les constats ou les recommandations.

1.14 L'ÉQUIPEMENT REQUIS POUR L'INVENTAIRE ET L'INSPECTION

1.14.1 L'équipement courant

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

- des fiches d'inspection;
- du *Manuel d'inspection des structures*;
- de crayons et d'un carnet sur support rigide;
- d'une calculatrice;
- d'un thermomètre;
- de la craie et des crayons à encre indélébile;
- d'un ruban à mesurer et/ou d'un lasermètre;
- d'un pied à coulisse et/ou d'un appareil de mesure d'épaisseur à l'ultrason;
- d'un marteau de géologue;
- d'une lampe frontale ou de poche;
- d'une brosse métallique;
- d'un fissuromètre;
- d'un appareil photo numérique avec flash incorporé.

1.14.2 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. Les équipements d'accès doivent être conformes au Code de sécurité pour les travaux de construction (S-2.1, r.6).

Le calendrier d'utilisation de la nacelle est établi par la Direction des structures. Les prévisions d'utilisation de cet équipement par les directions territoriales doivent donc être transmises à la Direction des structures au début de chaque année, de manière que le calendrier soit disponible avant le début des opérations.

Les prévisions d'utilisation de la nacelle doivent être déterminées avec précision, de manière à ne pas créer de temps morts dans le calendrier ou à ne pas prolonger la période d'utilisation prévue, ce qui entraînerait des retards pour les autres utilisateurs.

Le calendrier d'utilisation de la nacelle doit être transmis à toutes les directions territoriales afin que ces dernières soient toujours en mesure de connaître la région où la nacelle est utilisée et de vérifier les périodes de disponibilité si besoin est pour des inspections imprévues.

1.15 L'INSPECTION

1.15.1 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 prenne note des travaux de réparation déjà effectués;
- prépare les fiches d'inspection nécessaires lorsque le type d'inspection l'exige. Les fiches d'inspection générales sont générées automatiquement par le système de gestion des structures;
- prévoie l'équipement de protection individuelle, l'équipement d'accès courant et l'équipement spécial d'inspection, ainsi que les dispositifs de signalisation, les véhicules et le personnel requis pour réaliser l'inspection;
- s'assure que la structure a été nettoyée durant la dernière année, 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.

1.15.2 La validation des données d'inventaire

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

Dans le but de s'assurer que les données d'inventaire contenues dans le système de gestion des structures sont fidèles à la réalité, une validation des données d'inventaire doit être réalisée 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 :

- type de structure;
- nom de la route : officiel (et indiqué sur place);
- année de construction du système structural;
- année de construction du platelage;
- affichage sur place;
- largeur hors tout;
- largeur carrossable;
- longueur de la travée;
- longueur du tablier;
- présence et type d'utilités publiques;
- dégagements inférieurs horizontaux et verticaux;
- type de structure par travée;
- nombre de poutres par travée;
- type de platelage par travée;
- surface de roulement par travée;
- présence de piste cyclable et de trottoir;
- type et modèle des dispositifs de retenue;
- 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 signer la fiche d'inventaire détaillée. Cette fiche d'inventaire doit être versée au dossier.

Lors des inspections générales subséquentes, seulement certaines données présentes 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 :

- affichage sur place;
- largeur hors tout;
- largeur carrossable;

- présence de piste cyclable et de trottoir;
- type et modèle des dispositifs de retenue.

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 dans la direction territoriale de juger si l'inventaire complet de la structure doit être refait.

1.15.3 Le déroulement de l'inspection

L'inspection devrait se dérouler d'une manière systématique. Il est bon de procéder en commençant par les fondations et les appuis pour finir par la partie supérieure.

L'inspecteur doit :

- noter la date et le nom des personnes présentes;
- 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;
- produire les croquis montrant les éléments endommagés et l'ampleur des défauts observés;
- prendre des photographies faisant voir l'ensemble de la structure (exemple : le dessus, le profil, le dessous) et d'autres montrant les défauts observés. Chaque photographie doit être clairement associée aux éléments de la structure.

Finalement, le rapport d'inspection propre au type d'inspection doit être produit.

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 2-5
2.3.3 L'effort tranchant 2-11
2.3.4 La torsion 2-11

2.4 LA RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX 2-12

2.4.1 Les types de rupture 2-12
2.4.2 Le béton armé 2-13
2.4.3 Le béton précontraint 2-19
2.4.4 L'acier 2-22
2.4.5 Le bois 2-28

Liste des figures

Figure 2.3-1 Effort axial de traction 2-4
Figure 2.3-2 Effort axial de compression 2-5
Figure 2.3-3 Contraintes principales dues au moment fléchissant – travée simple 2-7
Figure 2.3-4 Lignes d'iso-contraintes principales dues au moment fléchissant – travée simple 2-8
Figure 2.3-5 Contraintes principales dues au moment fléchissant – travée continue 2-9
Figure 2.3-6 Lignes d'iso-contraintes principales dues au moment fléchissant – travée continue 2-10
Figure 2.3-7 Contraintes de cisaillement causées par l'effort tranchant 2-11
Figure 2.3-8 Contraintes de cisaillement causées par l'effort de torsion 2-12
Figure 2.4-1 Courbe contrainte – déformation du béton 2-13

Figure 2.4-2	Principe du béton armé	2-14
Figure 2.4-3	Rupture ductile	2-15
Figure 2.4-4	Fissuration type d'une poutre en béton armé	2-16
Figure 2.4-5	Analogie du treillis en plan pour l'effort tranchant	2-16
Figure 2.4-6	Rupture par compression horizontale	2-17
Figure 2.4-7	Rupture par flambement oblique	2-18
Figure 2.4-8	Analogie du treillis spatial pour la torsion	2-19
Figure 2.4-9	Courbe contrainte – déformation de l'acier de précontrainte	2-21
Figure 2.4-10	Courbe contrainte – déformation de l'acier	2-24
Figure 2.4-11	Voilement d'une pièce en flexion	2-25
Figure 2.4-12	Déversement d'une pièce en flexion	2-26
Figure 2.4-13	Supports latéraux	2-27
Figure 2.4-14	Effort de compression dans le bois	2-29
Figure 2.4-15	Effort de traction dans le bois	2-29
Figure 2.4-16	Effort de flexion dans le bois	2-30
Figure 2.4-17	Effort de cisaillement dans le bois	2-30
Figure 2.4-18	Effort de torsion dans le bois	2-31

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 l'impact sur la stabilité et la capacité portante de celle-ci. Pour y arriver, il doit avoir acquis certaines notions d'analyse structurale et de résistance des matériaux. Le présent chapitre se veut donc un rappel des différents types de charges qui sollicitent 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.

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 à la surcharge.

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 éléments du pont (poutre, dalle, dispositifs de retenue, etc.), y compris celles des véhicules.

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.

Les effets thermiques

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

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.

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.

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.

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.

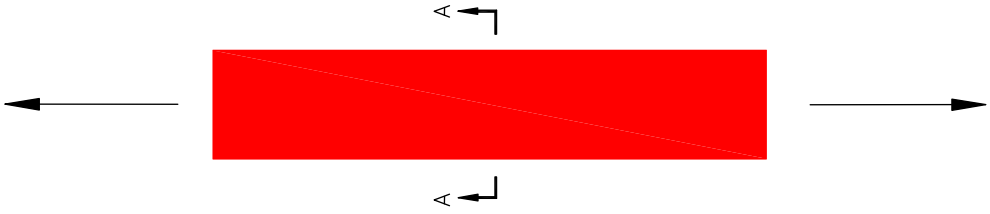
2.3 LES EFFORTS

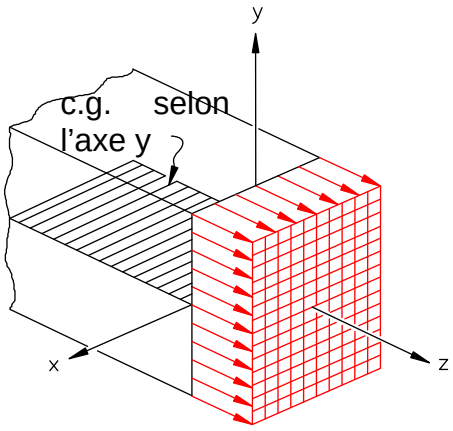
Essentiellement, quatre types d'efforts peuvent solliciter un élément structural : l'effort axial, le moment fléchissant, l'effort tranchant et la torsion.

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.





COUPE A – A

Figure 2.3-1 Effort axial de traction

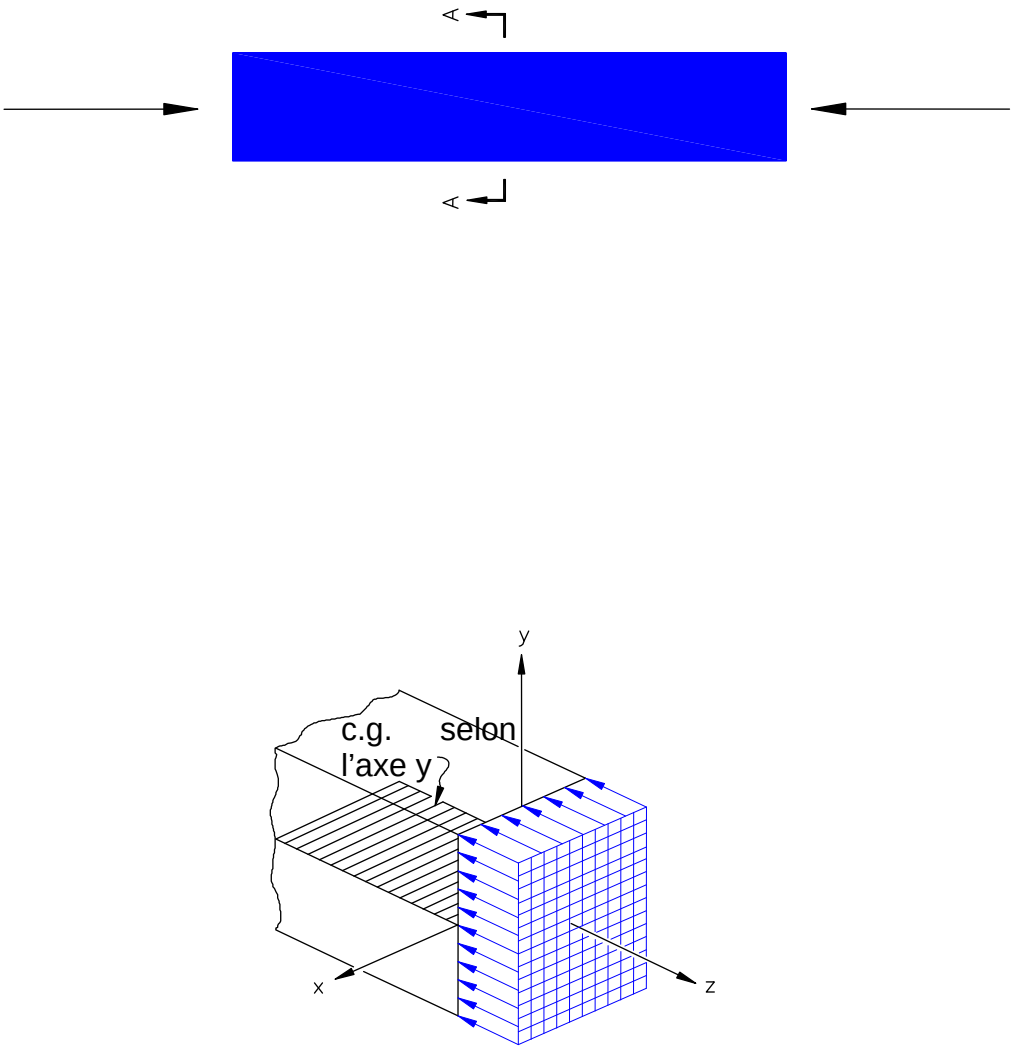


Figure 2.3-2 Effort axial de compression

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 et qui changent de sens. 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 opposé, soit la compression et la traction (figure 2.3-4).

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 2.3-5 montre le cheminement des contraintes de compression et de traction le long de la pièce et la figure 2.3-6 indique leur intensité. On remarque que de part et d'autre de l'appui central existe une zone 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; quoiqu'il existe beaucoup d'autres cas particuliers, les principes généraux énoncés plus tôt sont toujours valables.

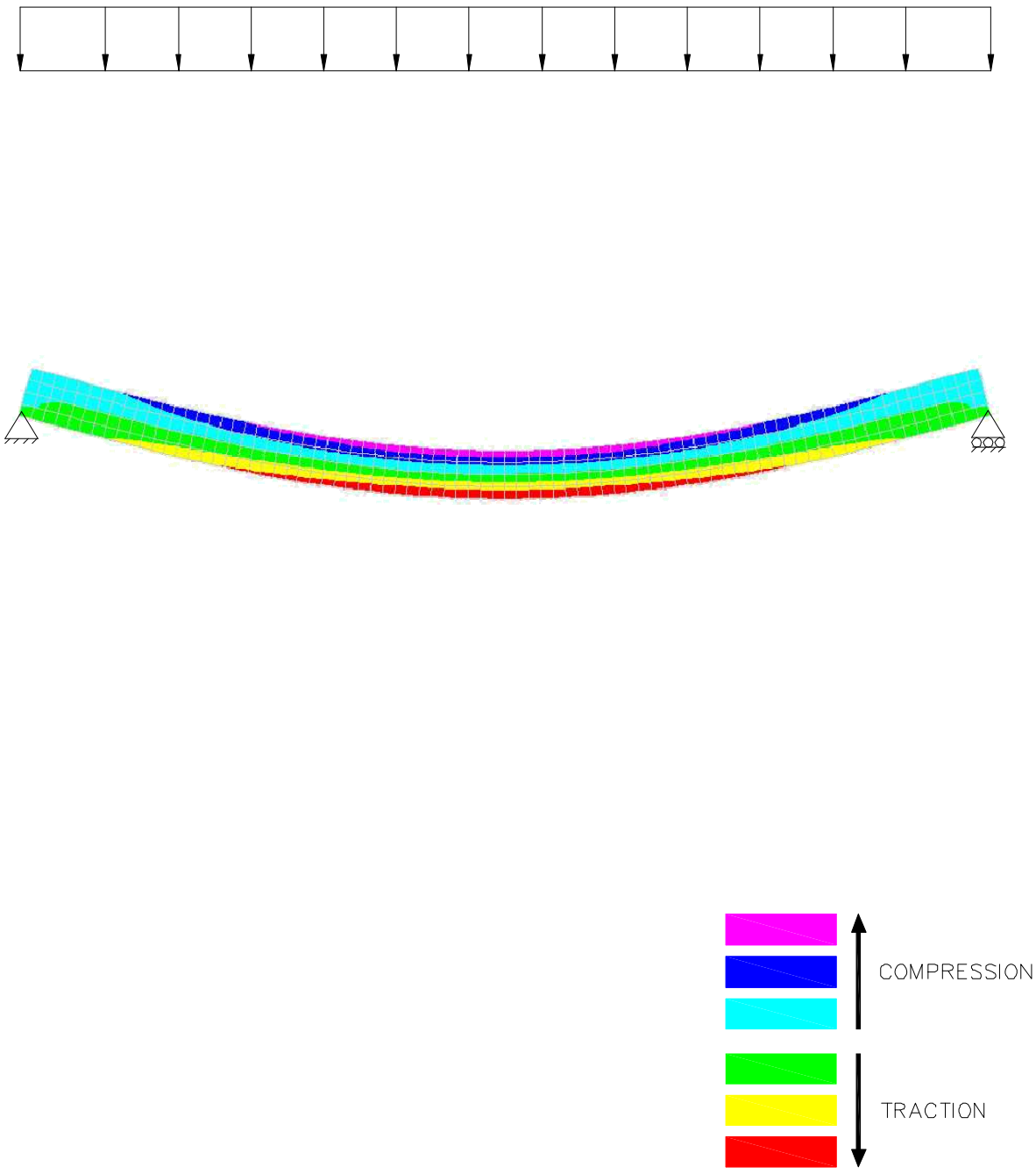


Figure 2.3-3 Contraintes principales dues au moment fléchissant - travée simple

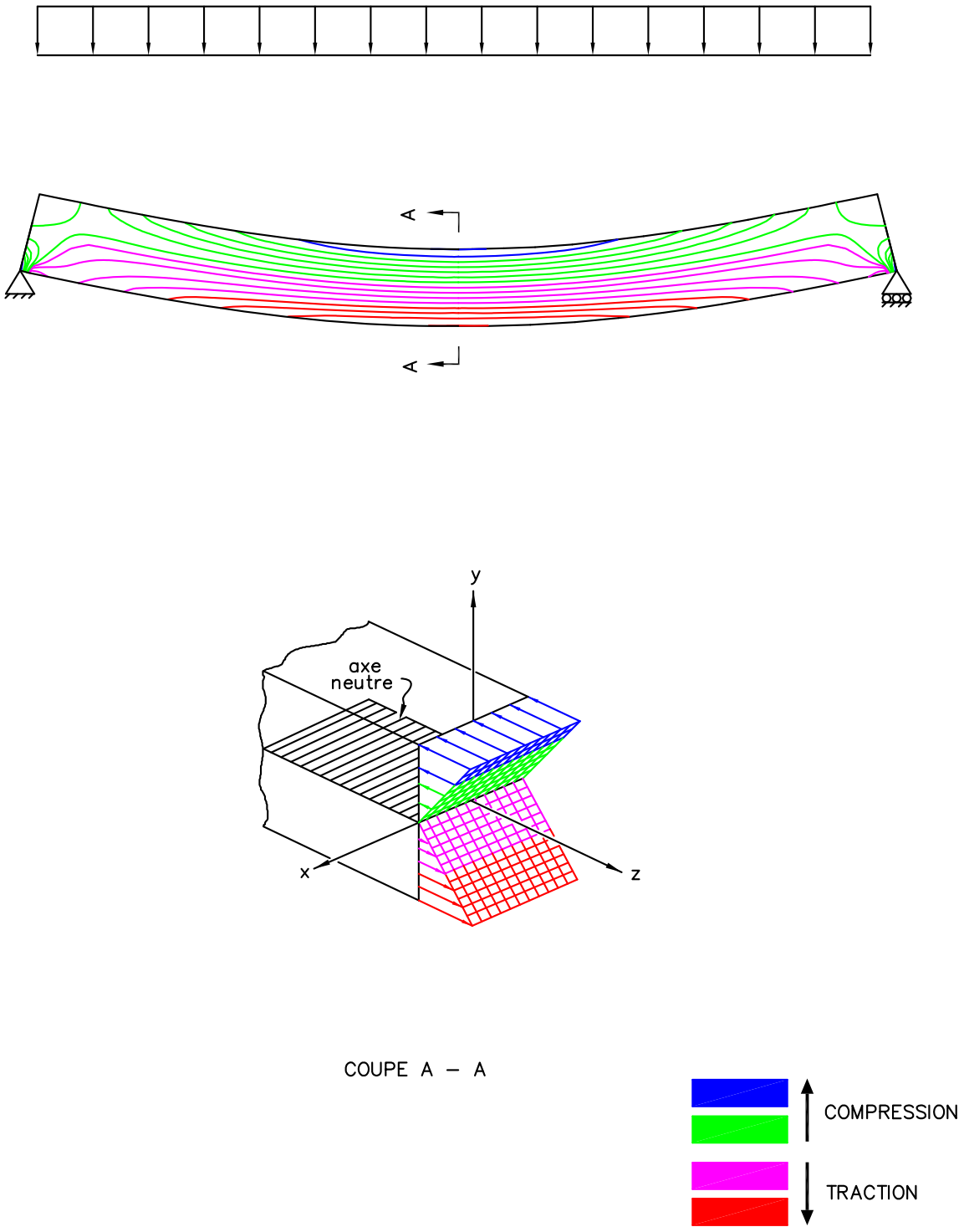


Figure 2.3-4 Lignes d'iso-contraintes principales dues au moment fléchissant – travée simple

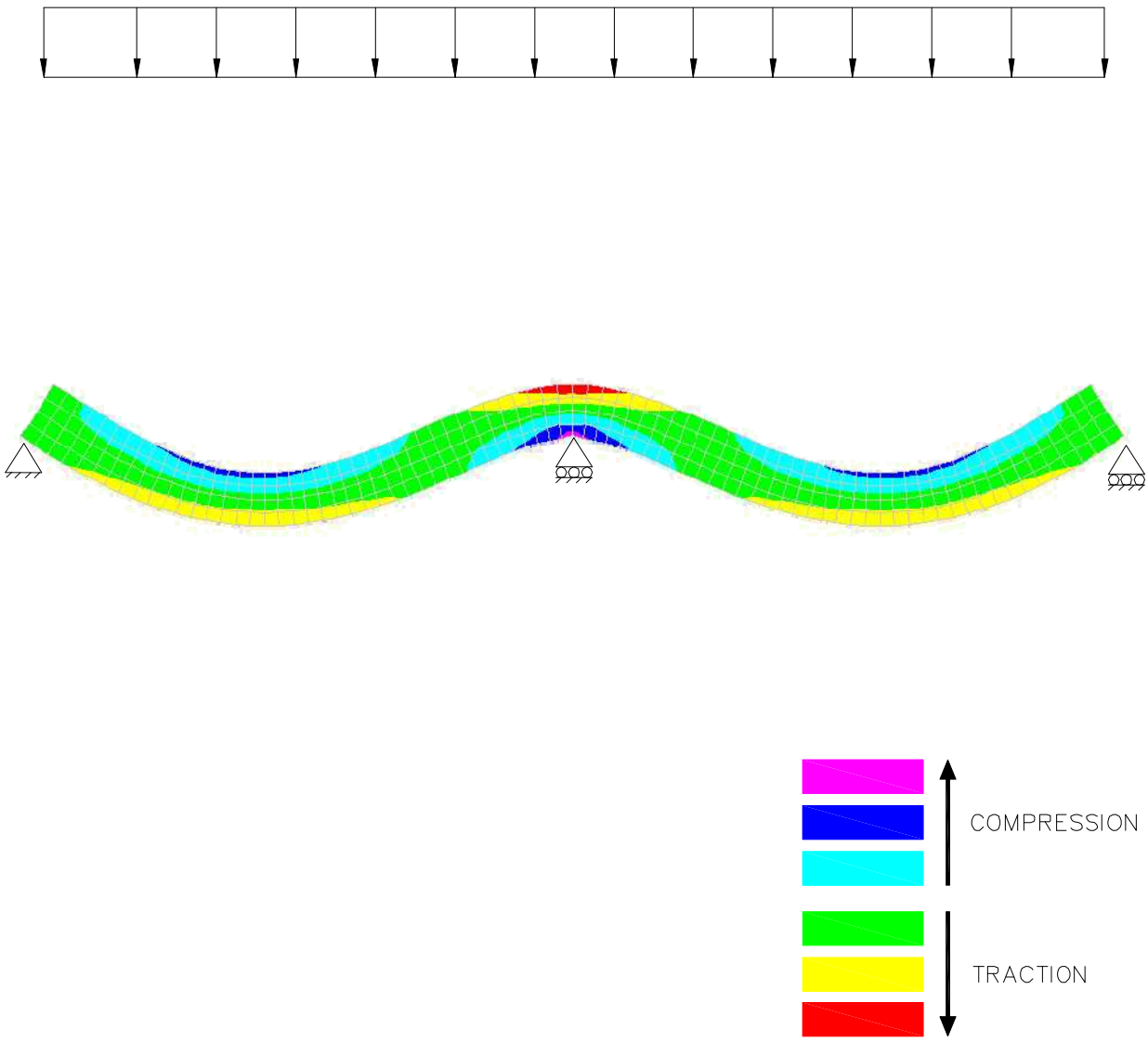


Figure 2.3-5 Contraintes principales dues au moment fléchissant – travée continue

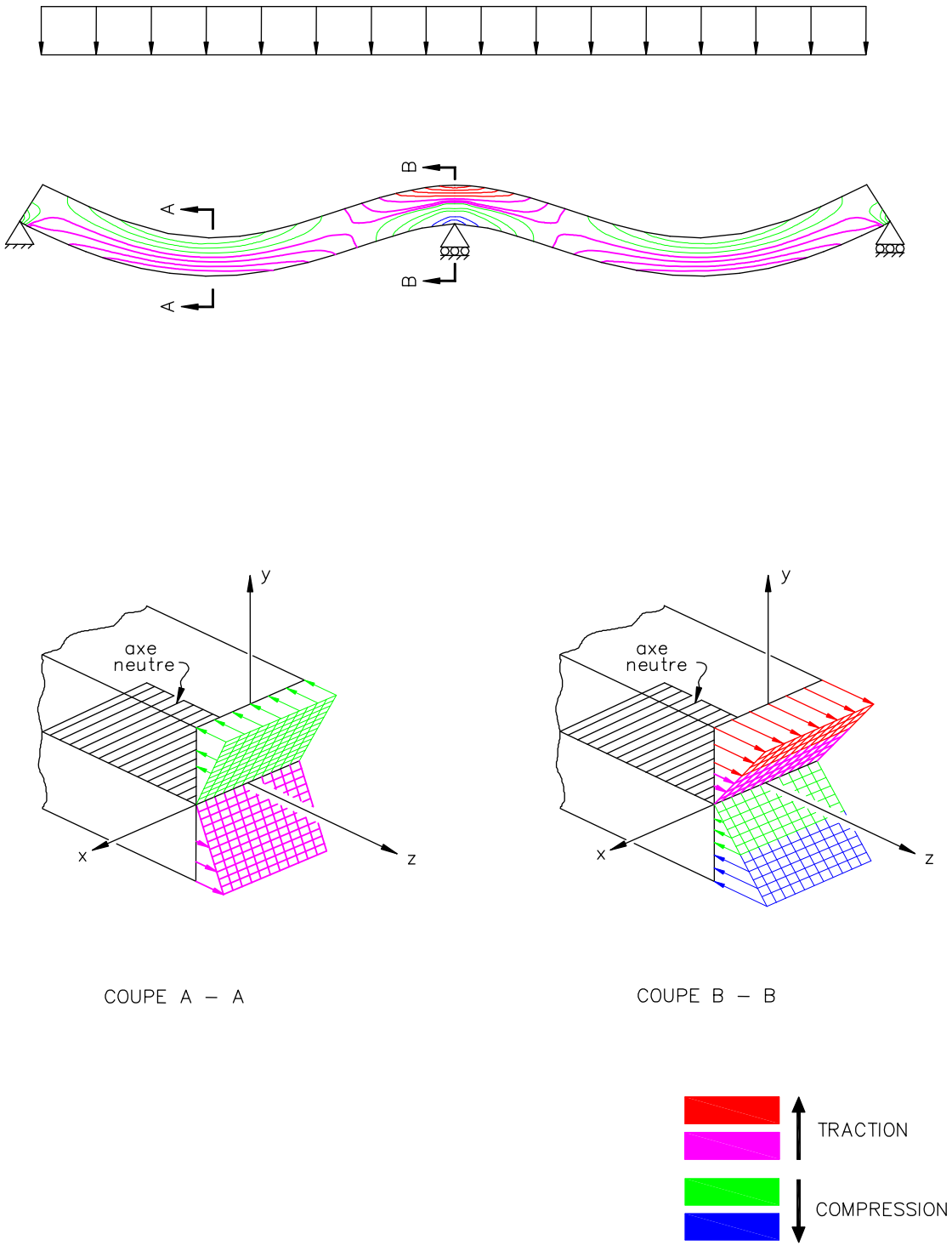


Figure 2.3-6 Lignes d'iso-contraintes principales dues au moment fléchissant – travée continue

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 cisailler 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 2.3-7).

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

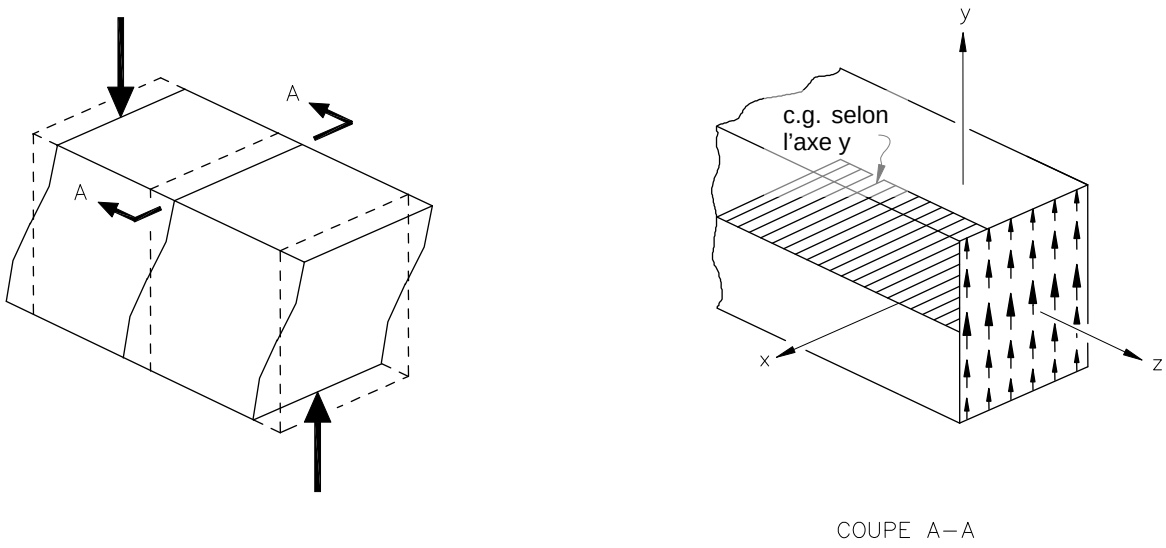


Figure 2.3-7 Contraintes de cisaillement causées par l'effort tranchant

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 2.3-8). L'effort de torsion est un effort peu courant dans les structures.

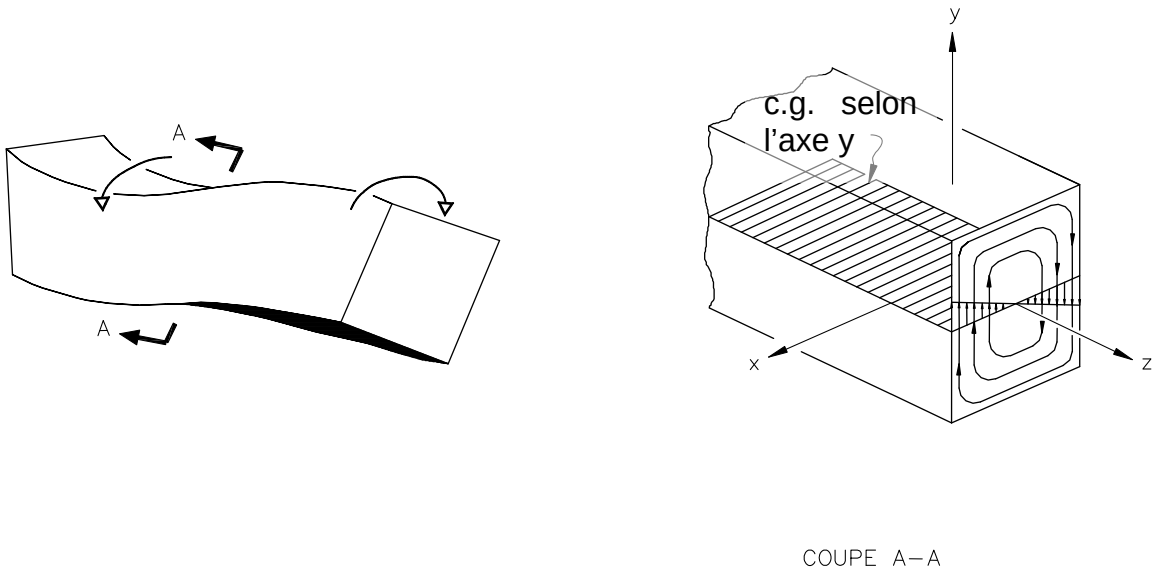


Figure 2.3-8 Contraintes de cisaillement causées par l'effort de torsion

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

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'avertissement.

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.

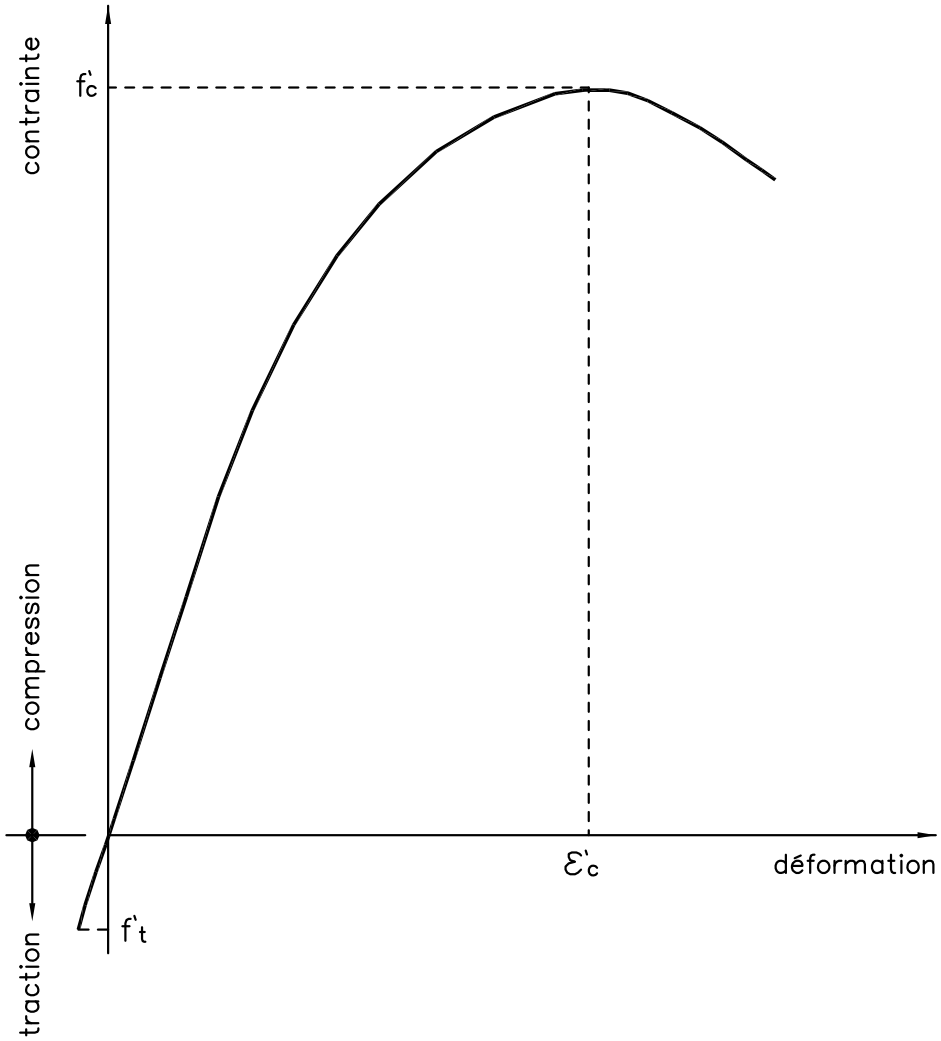


Figure 2.4-1 Courbe contrainte – déformation du béton

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).

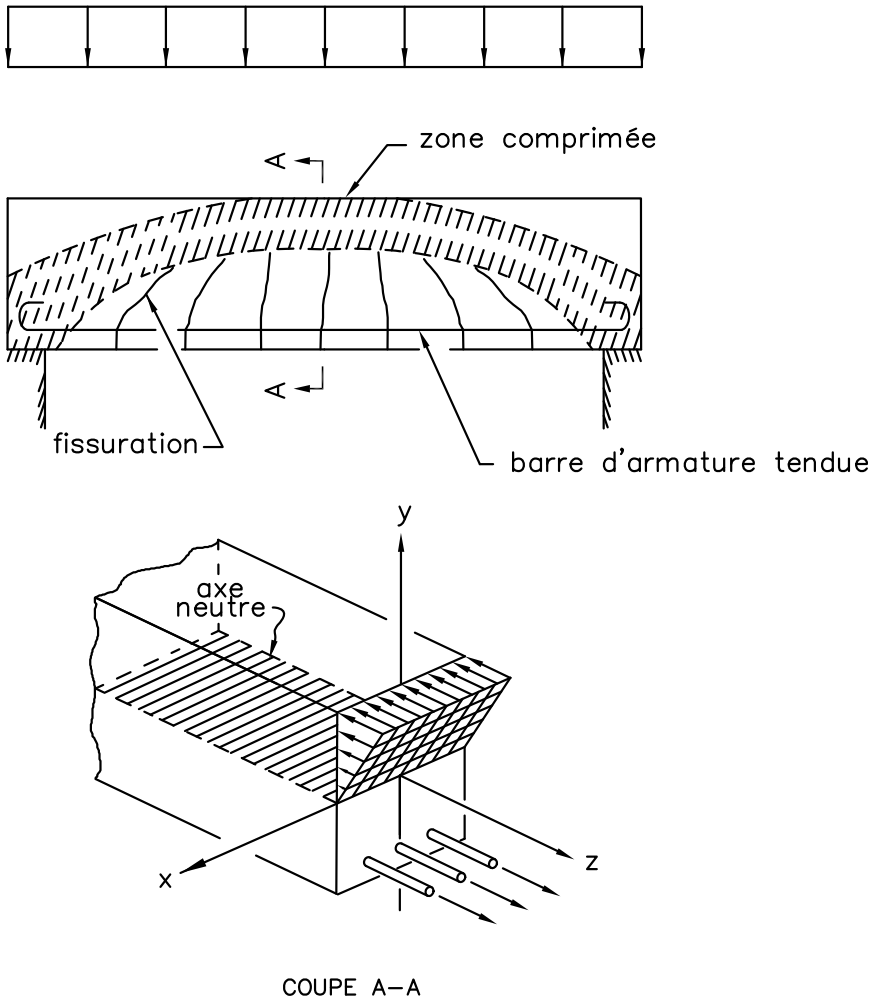


Figure 2.4-2 Principe du béton armé

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).

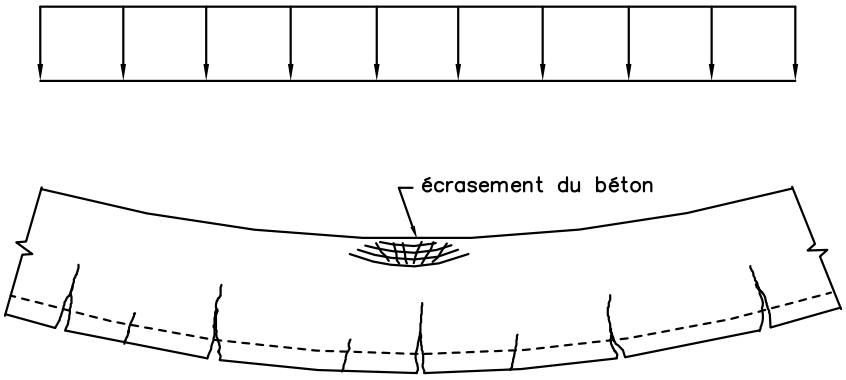


Figure 2.4-3 Rupture ductile

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 un moment fléchissant et à un effort tranchant. Dans une poutre en béton armé, l'effort tranchant produit une contrainte de traction qui cause la fissuration oblique de l'âme. Pour qu'une telle fissure ne produise pas la rupture de la pièce, on a recours à des armatures transversales à l'axe longitudinal de la poutre aussi appelées étriers. Les armatures transversales servent à coudre efficacement l'âme après la fissuration.

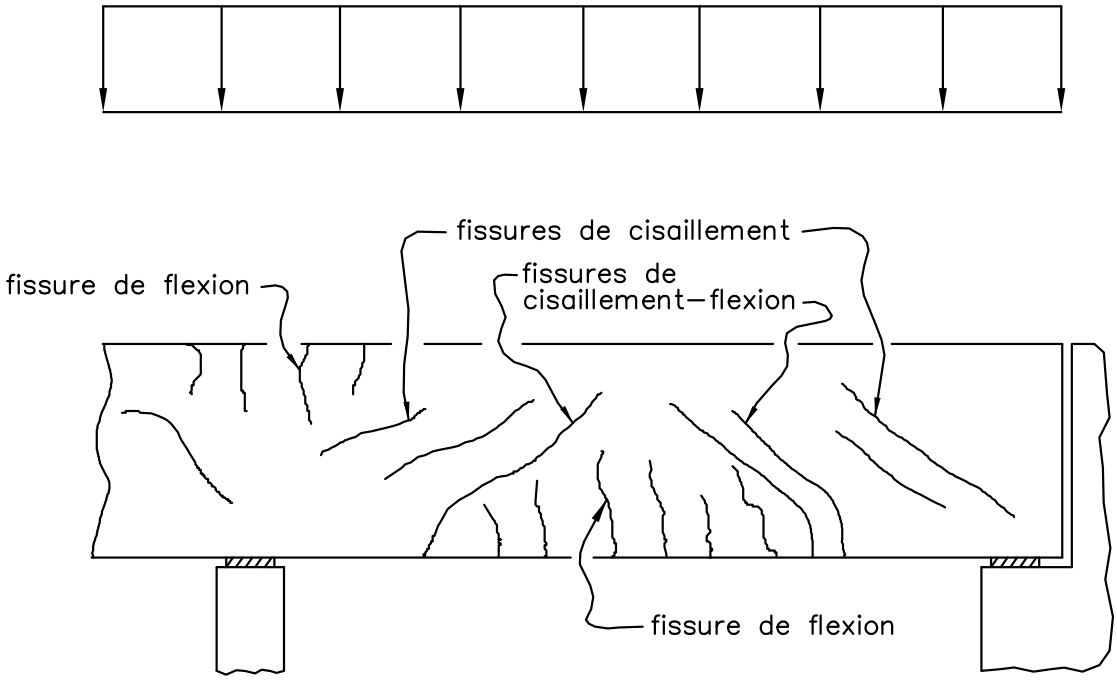


Figure 2.4-4 Fissuration type d'une poutre en béton armé

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.

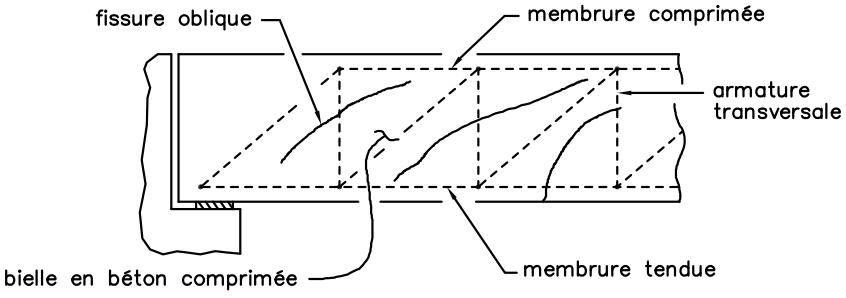


Figure 2.4-5 Analogie du treillis en plan pour l'effort tranchant

Lorsque les armatures sont en nombre insuffisant, la fissuration oblique de l'âme produit leur plastification. Elles sont alors incapables de coudre efficacement l'âme, ne pouvant s'opposer à l'ouverture des fissures. Il se produit alors 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 produisant l'écrasement du béton (figure 2.4-6).

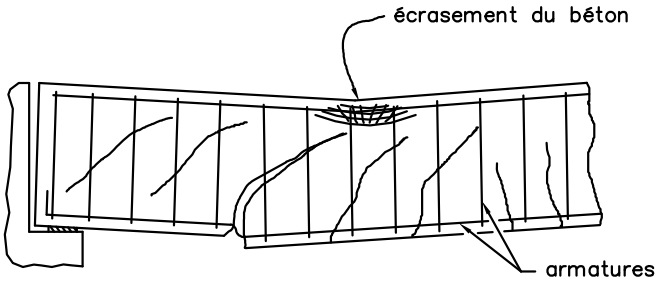


Figure 2.4-6 Rupture par compression horizontale

Le même type de rupture est obtenu si la quantité d'armature est suffisante, mais que la plastification ne se produit pas lors de la fissuration. En fait, 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).

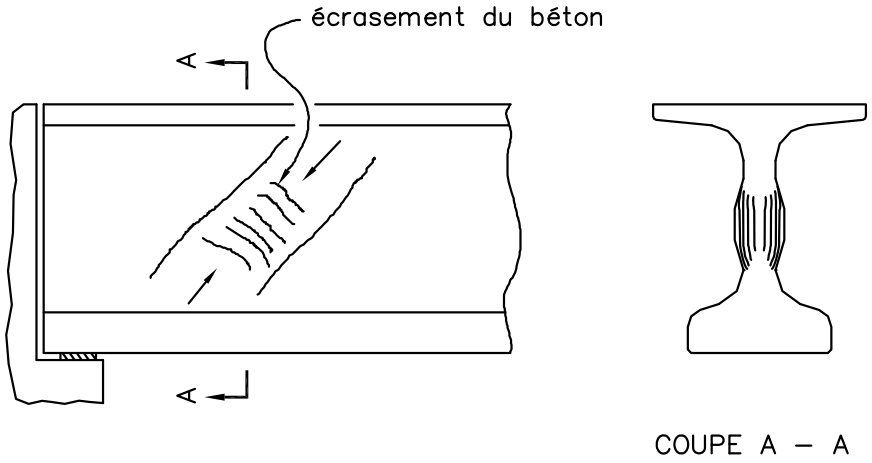


Figure 2.4-7 Rupture par flambement oblique

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'armature 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.

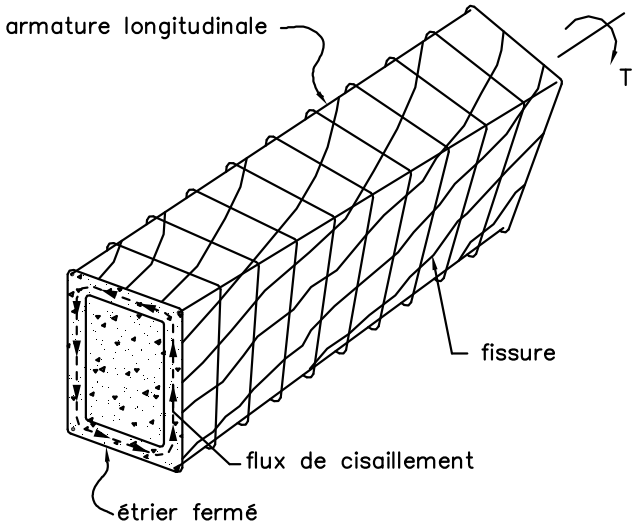


Figure 2.4-8 Analogie du treillis spatial pour la torsion

2.4.3 Le béton précontraint

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'aciers à haute résistance tendus sur un banc de traction avant le bétonnage. La mise en tension de l'acier de précontrainte 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 ancrages. 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 d'acier à haute résistance tendu après le bétonnage, lorsque le béton a suffisamment durci. D'abord, 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 certains cas particuliers, la post-tension peut être appliquée à l'aide d'armatures externes au béton.

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, tranchants 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.

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.

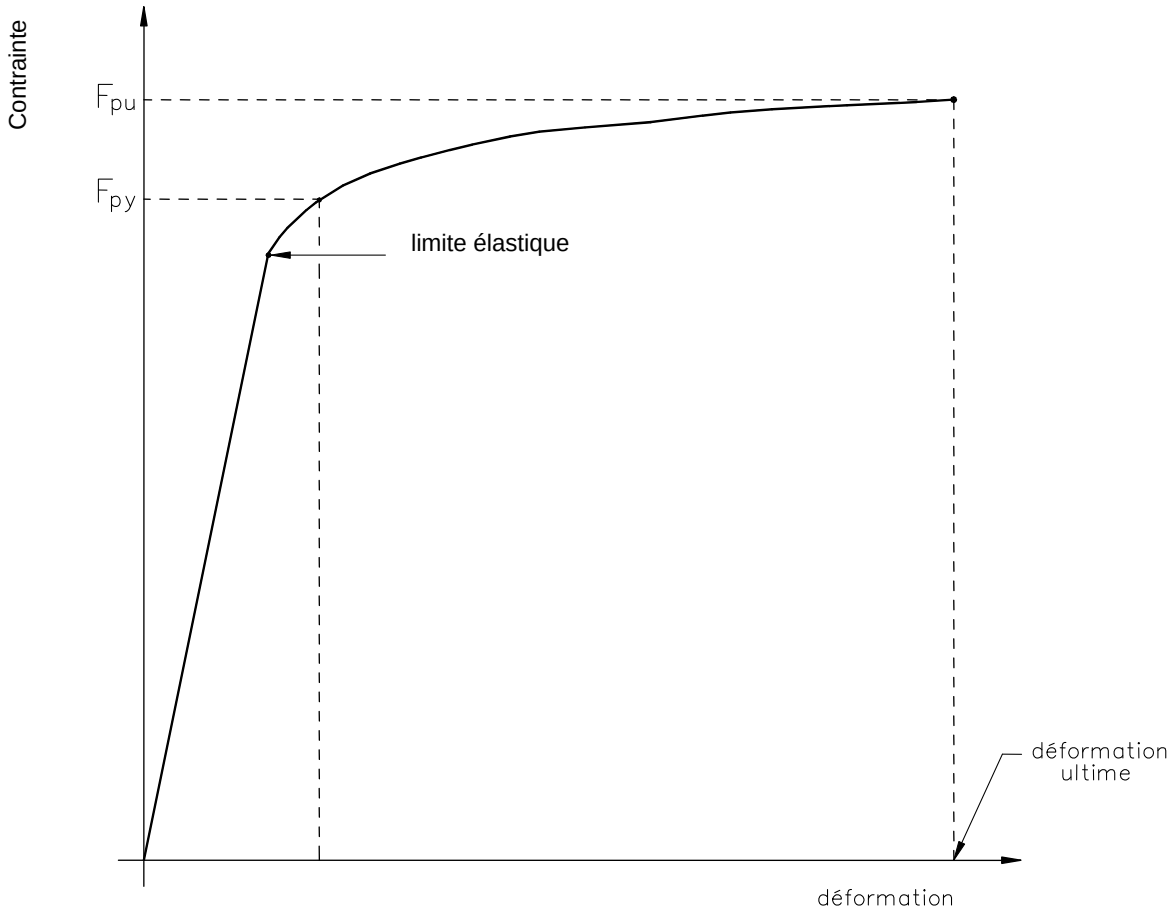


Figure 2.4-9 Courbe contrainte – déformation de l'acier de précontrainte

2.4.4 L'acier

Les propriétés mécaniques et chimiques

Il existe une gamme très variée de produits de l'acier : les profilés laminés (en forme de I, de C, de T ou de L), les produits plats laminés, les profilés reconstitués soudés, les tubes (ronds, carrés, rectangulaires), les palplanches, les tôles minces, les profilés formés à froid, 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.

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 (Fy), 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 plateau plastique.

Lorsque la contrainte a atteint sa valeur maximale, appelée la limite ultime (Fu), 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 à basse température et la dureté est sa capacité de résister à la production d'une empreinte laissée par un pénétrateur normalisé.

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.

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 (Fy), il y a plastification de la section avec déformation permanente et, si la contrainte atteint sa valeur maximale (Fu), 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, la mise hors service de la pièce peut se faire par fracture soudaine de la pièce.

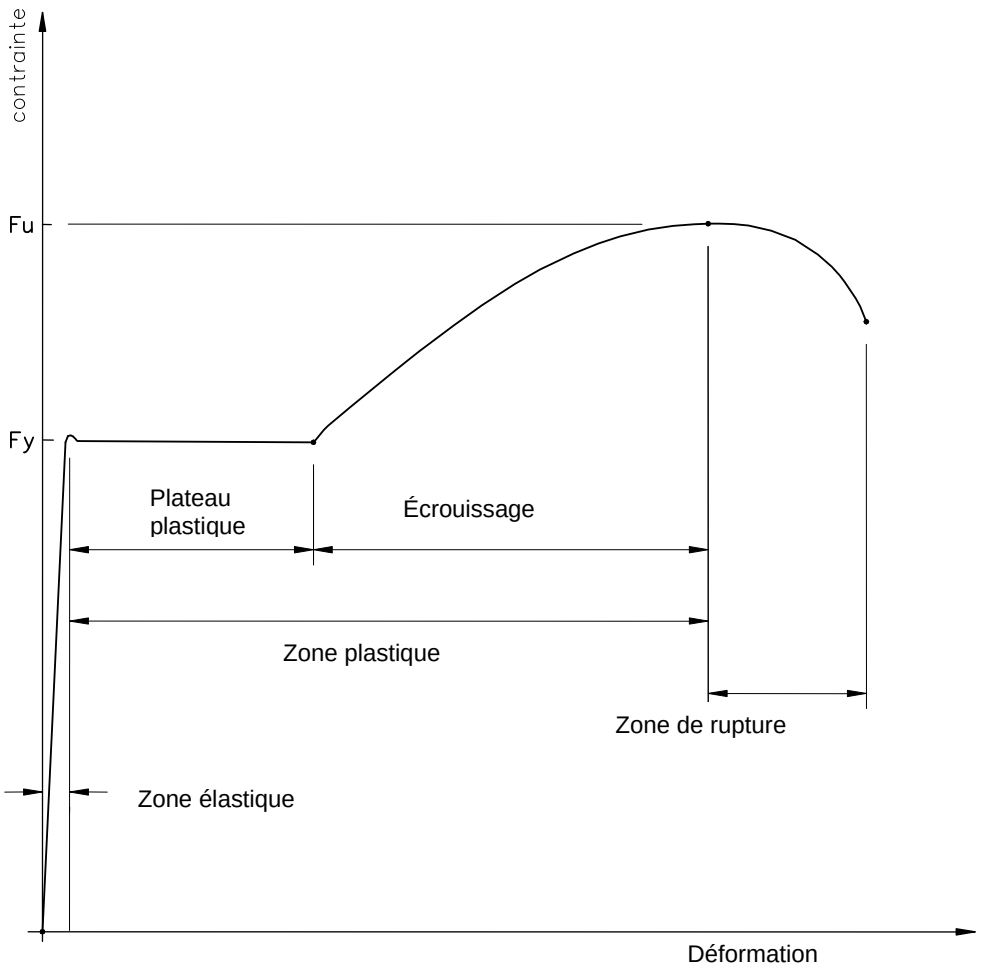


Figure 2.4-10 Courbe contrainte – déformation de l'acier

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 signe avant-coureur.

La résistance en flexion

Les modes de rupture d'une pièce en flexion sont 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.

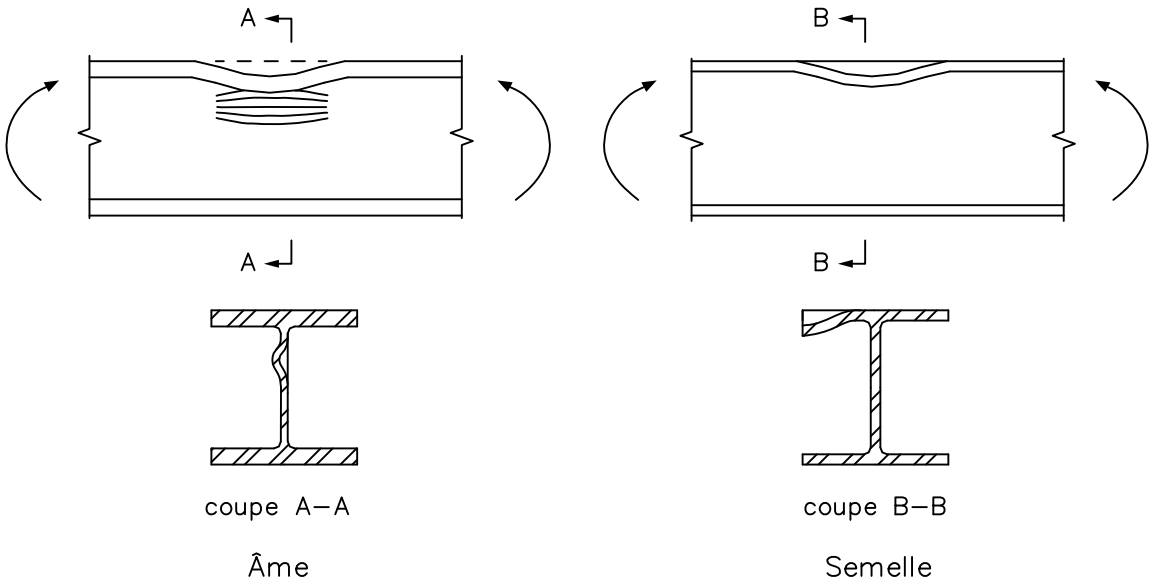


Figure 2.4-11 Voilement d'une pièce en flexion

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).

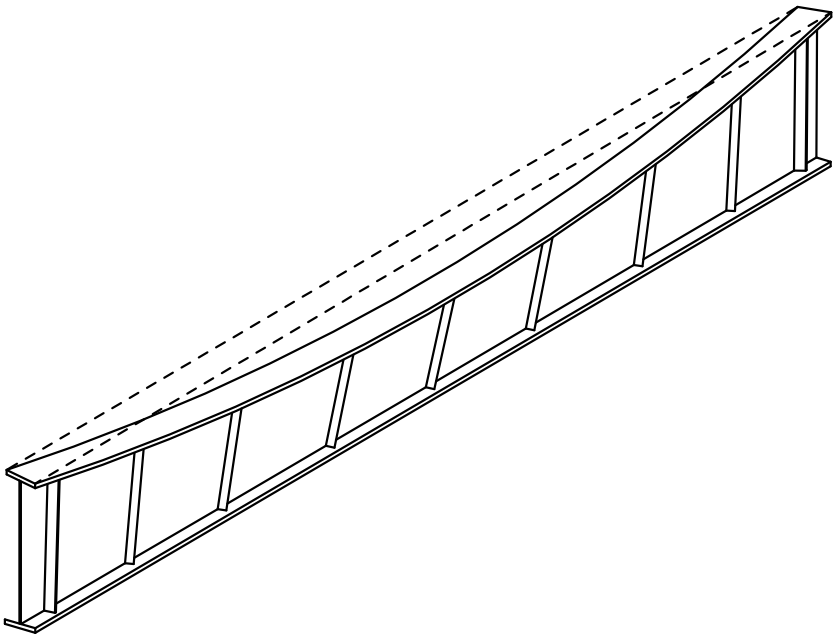
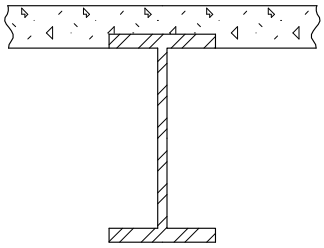


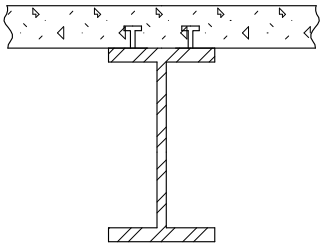
Figure 2.4-12 Déversement d'une pièce en flexion

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.

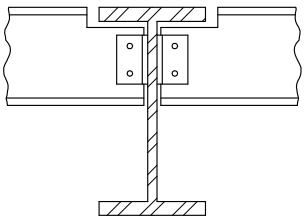
Il est possible d'éviter le déversement en retenant latéralement la semelle comprimée à l'aide de supports suffisamment rigides et judicieusement espacés (figure 2.4-13).



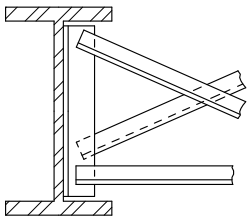
SEMELLE SUPÉRIEURE ENCASTRÉE
DANS LA DALLE EN BÉTON



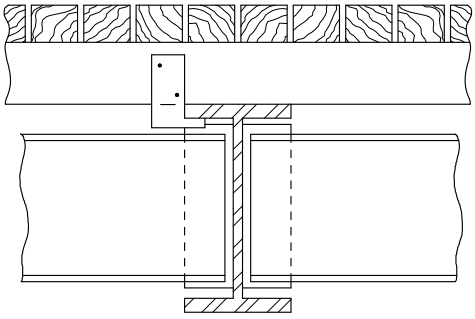
SEMELLE SUPÉRIEURE LIÉE
À LA DALLE EN BÉTON
AVEC DES GOUJONS



POUTRE TRANSVERSALE
PRÈS DE LA SEMELLE SUPÉRIEURE



CONTREVENTEMENTS



DÉTAIL TYPE POUR PLATELAGE EN BOIS

Figure 2.4-13 Supports latéraux

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 « I » soumises à l'effort tranchant peuvent voir leur âme se déformer par plastification ou par flambement.

L'action mixte

Dans les ponts, il est courant d'avoir une dalle en béton qui repose sur des poutres en acier. Lorsque la dalle est mécaniquement connectée à la poutre d'acier, généralement à l'aide de goujons, elle participe à la résistance à flexion de la poutre. Il s'agit alors d'une action mixte entre la poutre et la dalle.

L'action mixte permet d'augmenter la résistance en flexion d'une poutre d'acier et de réduire considérablement la flèche de la poutre. L'utilisation de l'action mixte dans les ponts permet donc d'obtenir de substantielles réductions de coûts.

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.

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 2.4-14).

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 compressée 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.

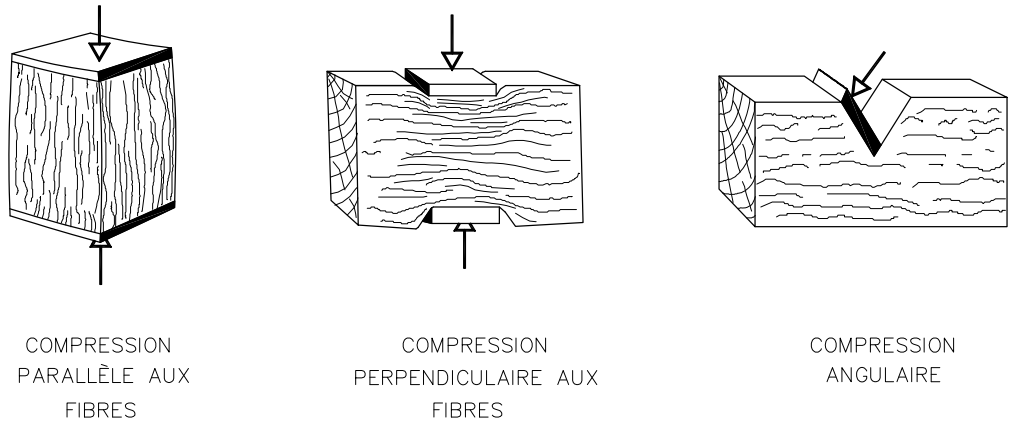


Figure 2.4-14 Effort de compression dans le bois

La résistance à la traction

La traction peut être de deux types : la traction parallèle aux fibres et la traction perpendiculaire aux fibres (figure 2.4-15).

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.

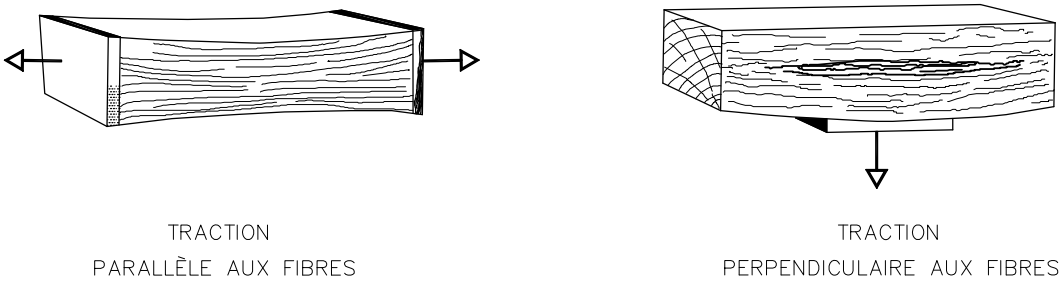


Figure 2.4-15 Effort de traction dans le bois

La résistance à la flexion

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

La figure 2.4-16 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.

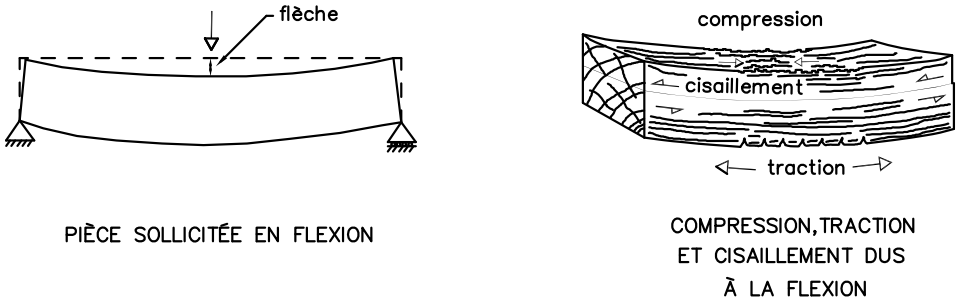


Figure 2.4-16 Effort de flexion dans le bois

La résistance au cisaillement

Il y a deux types de cisaillement : le cisaillement perpendiculaire aux fibres et le cisaillement parallèle aux fibres (figure 2.4-17).

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.

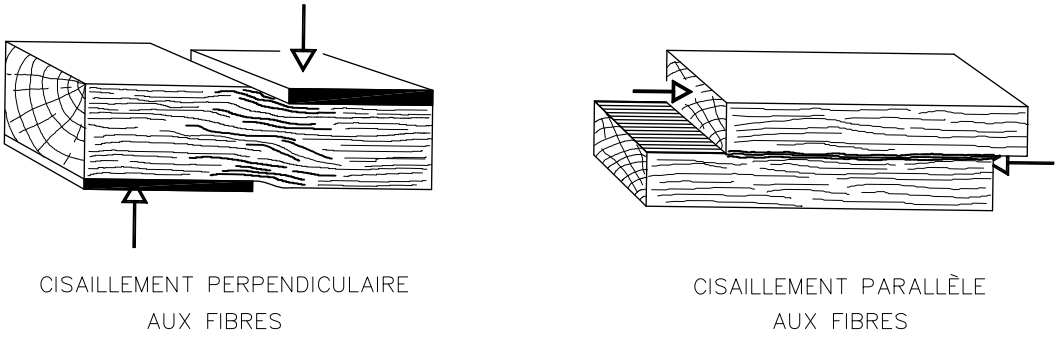


Figure 2.4-17 Effort de cisaillement dans le bois

La torsion

Dans le cas des ponts, les pièces en bois sont rarement soumises à ce type d'effort (figure 2.4-18).

Figure 2.4-18 Effort de torsion dans le bois

CHAPITRE 3

SYSTÈME D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT

TABLE DES MATIÈRES

3.1 GÉNÉRALITÉS 3-3

3.2 LES PRINCIPES GÉNÉRAUX 3-3

3.2.1 Le lien entre l'inventaire et l'inspection 3-3
3.2.2 Les indicateurs 3-4
3.2.3 Le niveau d'importance 3-4

3.3 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU 3-5

3.4 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT 3-13

3.4.1 Les critères généraux d'évaluation 3-15
3.4.2 Les critères spécifiques d'évaluation 3-16

3.5 LES COMMENTAIRES ET LES PHOTOS 3-16

3.6 LES ACTIVITÉS RECOMMANDÉES 3-17

3.7 LES PARTICULARITÉS DU SYSTÈME D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT 3-17

3.7.1 Les défauts non couverts par le système d'évaluation de l'état 3-17
3.7.2 Les éléments inexistants 3-18
3.7.3 Les éléments non inspectés 3-18
3.7.4 Les éléments évalués en comportement seulement 3-18
3.7.5 Les éléments inaccessibles 3-19
3.7.6 Les éléments difficiles d'accès 3-20

3.8 L'AVIS TECHNIQUE DE FISSURATION 3-20

3.8.1 Les éléments visés par l'avis technique de fissuration 3-20
3.8.2 Les étapes de l'avis technique de fissuration 3-22
3.8.3 Les éléments non visés 3-23

3.9 LES MESURES PROPOSÉES PAR LE SYSTÈME D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT 3-23

3.9.1 Les priorités d'intervention 3-23
3.9.2 Les défauts pouvant affecter la capacité de la structure 3-24
3.9.3 Les défauts pouvant affecter la sécurité des usagers 3-25

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.3-2 Niveau d'importance des éléments et unités de mesure des quantités 3-7
Tableau 3.4-1 Évaluation du comportement des éléments d'une structure 3-15
Tableau 3.8-1 Conditions pour une demande d'avis technique de fissuration 3-21
Tableau 3.9-1 Priorités d'intervention 3-23

LISTE DES FIGURES

Figure 3.3-1 Délaminage de la partie inférieure d'une poutre en béton armé 3-10
Figure 3.3-2 Élément affecté par plusieurs défauts 3-11
Figure 3.3-3 Défauts affectant plusieurs colonnes d'une pile 3-12

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 au cours de celle-ci puissent être informatisées et facilement traitées.

Le système fonctionne de la façon suivante. D'abord, l'inspecteur compare les défauts observés sur les éléments à un ensemble de critères qui est regroupé selon des degrés de sévérité. Par la suite, une appréciation de l'état des éléments (lettre(s) pour le matériau et chiffre pour le comportement) est établie 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 signaler des mesures de sécurité jugées nécessaires;
- d'établir les priorités d'intervention.

3.2 LES PRINCIPES GÉNÉRAUX

3.2.1 Le lien entre l'inventaire et l'inspection

Le système de gestion des structures (système GSQ-6026) 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 comme 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. En effet, les fiches d'inspection générale, produites par le système GSQ, ne le sont que pour les éléments présents dans le module d'inventaire.

3.2.2 Les indicateurs

Le système d'évaluation de l'état 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 (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 (CEC), elle est une indication de l'incidence des défauts sur la stabilité et la capacité structurale ou fonctionnelle de l'élément, ainsi que sur le confort et la sécurité des usagers.

Les critères qui soutiennent 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 de la capacité des éléments, mais bien comme des guides permettant de constituer un inventaire des défauts et des besoins en intervention. Le système d'évaluation de l'état permet également de signaler les structures pour lesquelles des mesures de sécurité sont nécessaires et d'établir les priorités d'intervention.

3.2.3 Le niveau d'importance

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.

L'énumération des éléments constituant les structures, le groupe auquel ils sont associés ainsi que leur niveau d'importance sont présentés au tableau 3.3-2.

3.3 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU

L'évaluation de l'état du matériau d'un élément consiste à déterminer la proportion de l'élément se trouvant dans chacun des quatre états (A, B, C ou D). Il est à noter qu'un élément peut se retrouver dans un ou plusieurs des états précités 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 une investigation, par exemple l'auscultation au marteau pour déterminer le béton délaminé.

Pour y parvenir, 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**.

À noter qu'il n'y a pas de critère spécifique pour l'évaluation du matériau au chapitre 5, qui traite des éléments du groupe « Cours d'eau–remblai », car les éléments de ce groupe sont évalués en comportement seulement.

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.

De plus, quatre degrés de sévérité sont associés à chaque défaut. Ces degrés de sévérité sont :

- Aucun à léger
- Moyen
- Important
- Très important

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. Un exemple général est présenté dans le tableau ci-dessous :

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

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

Toutefois, comme il sera expliqué au chapitre 4, 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 détectés, ces derniers doivent être catégorisés en fonction de leur degré de sévérité et de leur état (A, B, C, D). L'inspecteur doit par la suite estimer le pourcentage de l'élément dans chacun des quatre états, et la somme des pourcentages doit être égale à 100 %. Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser les quantités indiquées sur les fiches d'inspection pour chaque élément. Cette information provient des données saisies dans le module d'inventaire. Pour chaque groupe d'éléments, la façon de déterminer les quantités est indiquée dans le tableau 3.3-2.

Les résultats obtenus de l'évaluation de l'état du matériau seront utilisés entre autres dans le module de planification stratégique (MPS) du système GSQ-6026.

Tableau 3.3-2 Niveau d'importance des éléments et unités de mesure des quantités

Chapitre	Groupe	Élément	Niveau d'importance (1)	Quantité (2)
5	Cours d'eau et remblai	Cours d'eau	S	S. O.
		Remblai	S	S. O.
		Protection de talus	S	S. O.
		Protection du lit	S	S. O.
6	Culées et piles	Fondation	P	S. O.
		Mur de front	P	Surface
		Fût	P	Surface
		Colonnes ou colonnes/banc	P	Surface x nombre
		Chevêtre	P	Surface
		Garde-grève	S	Surface
		Assise ou bloc d'assise	P	Nombre
		Corbeau	P	Nombre
		Appareil d'appui	P	Nombre
		Butoir	S	Nombre
		Murs d'aile/en retour	S	Surface
7	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutre	P	Surface
		Diaphragme d'extrémité int. p. caisson	P	Surface x nombre
	Contreventements	Contreventements	S	Nombre
		Portique d'extrémité	S	Nombre
		Diaphragmes	S	Nombre
	Poutres triangulées	Corde supérieure	P	Surface x Longueur ou longueur (si bois)
		Corde inférieure	P	Surface x Longueur ou longueur (si bois)
		Montant/poteau	P	Surface x hauteur x nombre ou Nombre x hauteur (si bois)
		Diagonale	P	Surface x longueur x nombre ou Nombre x longueur (si bois)
		Assemblages	P	Nombre

Tableau 3.3-2 Niveau d'importance des éléments et unités de mesure des quantités (suite)

Chapitre	Groupe	Élément	Niveau d'importance (1)	Quantité (2)
7	Arc	Arc	P	Surface
		Membrure supérieure	P	Surface
		Tirant	P	Longueur
		Suspentes/montants	P	Hauteur x nombre
		Diagonales	P	Longueur x nombre
	Arc à tympan rigide	Tympan	P	Surface
		Fondation	P	S. O.
		Voûte	P	Surface
	Pont suspendu	Massifs d'ancrage	P	S. O.
		Chambre d'épanouissement des câbles	P	Surface
		Câbles porteurs et accessoires	P	Longueur
		Suspente 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	Tirants	P	Nombre
		Lambris	S	Surface
		Toiture	S	Surface
	Structure de tablier	Entretoises	P	Surface x nombre
		Longerons	P	Surface x nombre
8	Platelage	Platelage	P	Surface
		Côtés extérieurs	P	Surface
		Surface de roulement	S	Surface
		Système de drainage	S	Nombre

Tableau 3.3-2 Niveau d'importance des éléments et unités de mesure des quantités (suite)

Chapitre	Groupe	Élément	Niveau d'importance[(1)]	Quantité[(2)]
9	Chasse-roue/trottoir	Chasse-roue	S	Longueur
		Trottoir	S	Surface
		Bande médiane	S	Longueur
	Joint	Éléments en élastomère	S	Largeur
		Épaulements	S	Largeur
		Autres éléments	S	Largeur
	Dispositif de retenue	Glissière (gauche ou droite)	S	Longueur
		Glissière médiane	S	Longueur
		Garde-fous	S	Longueur
10	Protection contre la corrosion	Acier structural - unités de fondation	S	Surface
		Acier structural - tablier	S	Surface
		Acier structural - poutres triangulées/arcs	S	Surface
11	Approches	Transition de chaussée	S	S. O.
		Système de drainage	S	Nombre
		Glissière	S	Longueur
		Escalier (passerelle)	S	Nombre
12	Ponceaux	Mur de tête	S	Surface
		Mur en aile	S	Surface
		Mur parafouille	S	S. O.
		Déflecteur et/ou piège à débris	S	S. O.
		Fondation	P	S. O.
		Radier	P	Surface
		Mur/naiss voûte/coins inf.	P	Longueur
		Dessous dalle/voûte	P	Longueur
13	Murs 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 des quantités se trouvent dans le *Manuel d'inventaire des structures.*

L'inspecteur doit arrondir les résultats mathématiques du calcul des pourcentages à l'unité près. Les exemples suivants donnent un aperçu de la façon d'établir le pourcentage pour l'évaluation de l'état du matériau d'un élément.

Exemple 3.3.1 : Détermination du pourcentage de la poutre affectée par du délaminage

Dans cet exemple, il s'agit de calculer le pourcentage de la poutre affectée par le délaminage.

Il sera vu au chapitre 4 que le délaminage du béton est un défaut important en ce qui concerne le degré de sévérité. De plus, il sera également vu, au chapitre 7 « Systèmes structuraux », qu'une poutre affectée par un défaut important correspond à un état C.

La partie de la poutre affectée par le délaminage doit donc être considérée comme se trouvant à l'état C.

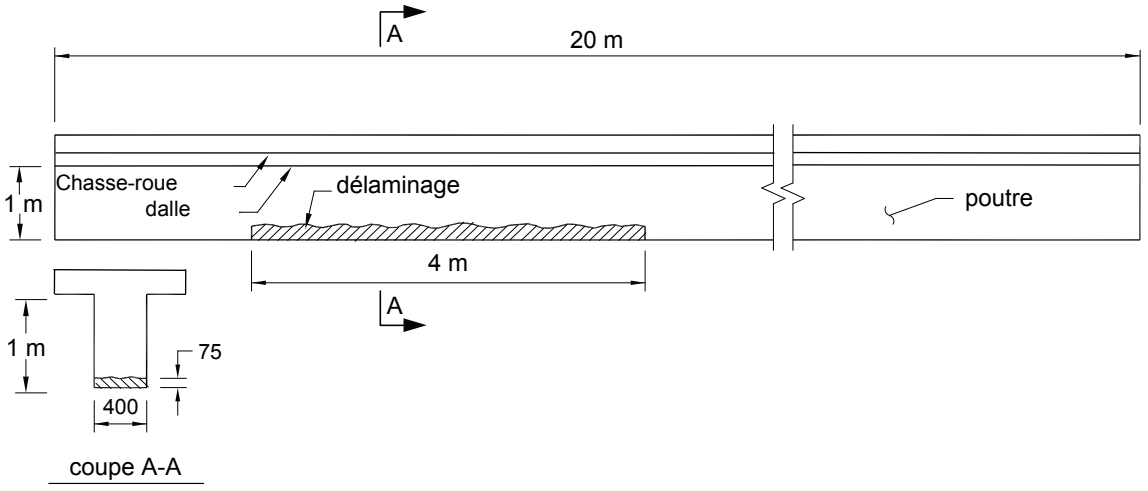


Figure 3.3-1 Délaminage de la partie inférieure d'une poutre en béton armé

Calcul du pourcentage de la surface endommagée :

$$\frac{(400 + 2 * 75) \times 4\,000}{(400 + 2 * 1000) \times 20\,000} = 4{,}58\ \%\ \text{arrondi à}\ 5\ \%$$

En supposant que le reste de l'élément est en bon état et considérant que la somme des pourcentages dans chacun des quatre états doit être égale à 100 %, les résultats sont donc :

État A = 95 %; État B = 0 %; État C = 5 %; État D = 0 %

Lorsqu'un élément est affecté par plusieurs défauts dans la même zone, le pire défaut doit être retenu.

Lorsqu'un élément est affecté par plusieurs défauts dans des zones distinctes, l'état du matériau ainsi que le pourcentage de l'élément dans cet état doivent être évalués pour chaque zone. Par la suite, lorsque des zones sont dans le même état, les pourcentages sont additionnés et inscrits au niveau de l'élément sur la fiche d'inspection.

Exemple 3.3.2 : Détermination de l'état du matériau pour le mur de front d'une culée

Dans cet exemple, deux défauts sont observés dans des zones différentes du mur de front.

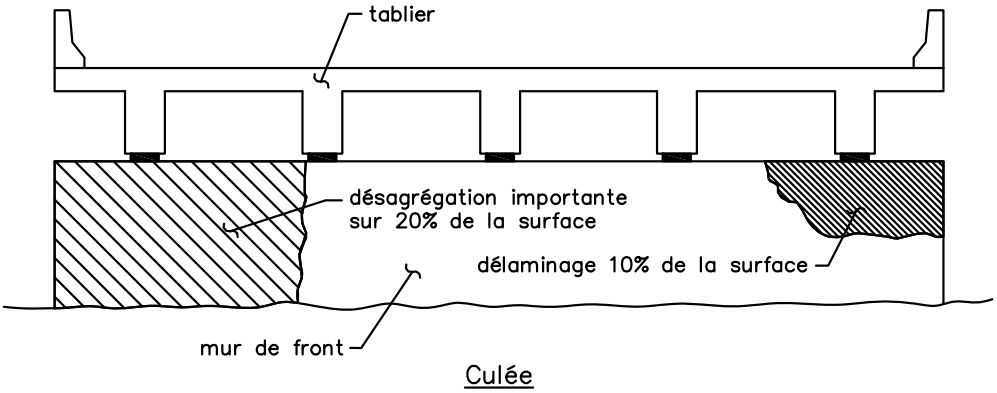


Figure 3.3-2 Élément affecté par plusieurs défauts

Désagrégation importante sur 20 % de la surface = C sur 20 % (voir chapitres 4 et 6)

Délaminage sur 10 % de la surface = C sur 10 %

État du reste de la surface = A sur 70 %

Les résultats sont donc :

État A = 70 %; État B = 0 %; État C = (20 + 10) = 30 %; État D = 0 %

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

Exemple 3.3.3 : Détermination de l'état du matériau pour les colonnes d'une pile

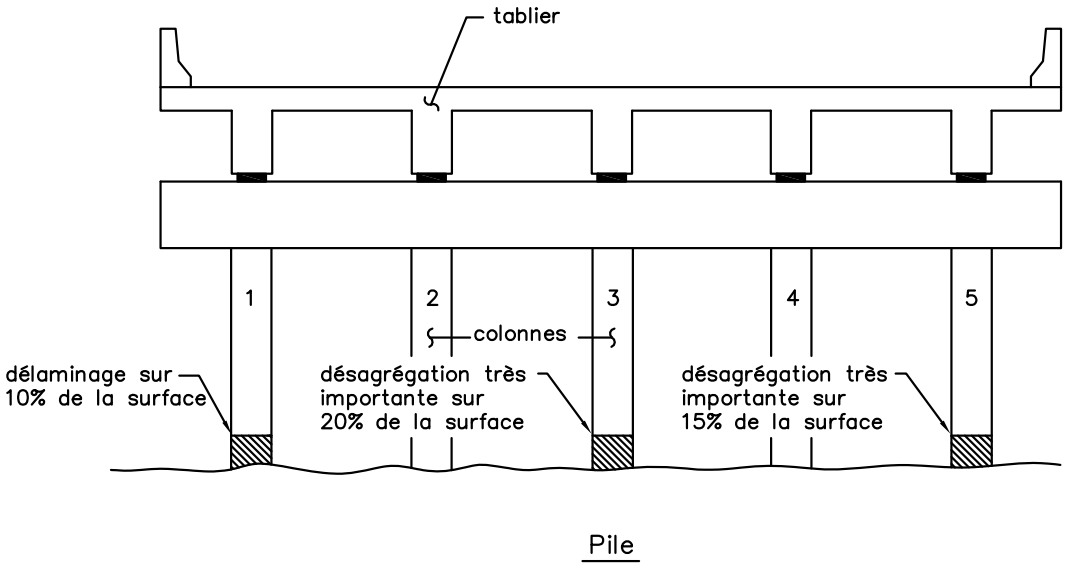


Figure 3.3-3 Défauts affectant plusieurs colonnes d'une pile

Colonne 1 = État C 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 %.

Colonne 3 et Colonne 5 = État D sur (20 + 15) % = 35 %, ce qui équivaut à un pourcentage total de 7 % pour toutes les colonnes.

Pour le reste de la surface totale des colonnes, il y a 91 % (100 % - (2 % + 7 %)) à l'état A.

Les résultats sont donc :

État A = 91 %; État B = 0 %; État C = 2 %; État D = 7 %

Cas particuliers : fissures dans le béton et l'acier

Lorsque des fissures sont observées dans des éléments en béton, l'inspecteur doit également évaluer le pourcentage de l'élément affecté par ce défaut ainsi que l'état dans lequel l'élément se trouve.

Dans le cas où les fissures sont localisées, l'inspecteur doit évaluer la surface de l'élément défectueux en se basant sur la règle suivante :

4 mètres linéaires de fissures équivalent à environ
1 mètre carré de surface équivalente endommagée.

Le pourcentage de la surface fissurée, obtenu avec cette méthode, ne doit pas être inférieur à 1 % de la surface totale.

Il est à noter que cette règle est indépendante de la largeur des fissures, car l'ouverture des fissures est considérée en fonction du degré de sévérité du défaut.

Lorsque les fissures sont généralisées dans une zone, par exemple, lorsque de la fissuration polygonale est observée en dessous d'une dalle, un pourcentage de la surface doit également être estimé, mais il n'est pas nécessaire que l'inspecteur utilise le critère ci-dessus et mesure la longueur des fissures.

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 ici. En effet, le comportement de l'acier est très différent de celui du béton armé et les fissures perceptibles dans l'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 (exemple : 1 ou 2 %).

Même si le pourcentage de l'élément défectueux est faible du point de vue de l'état du matériau, lorsque des défauts de fissuration observés ont une influence en ce qui a trait à la capacité portante ou à la stabilité de la structure, ceux-ci sont pris en compte lors de l'évaluation de la CEC. De cette façon, le problème peut être soulevé et soumis à l'attention de l'ingénieur responsable.

3.4 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

L'évaluation du comportement d'un élément consiste à déterminer une cote représentative de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure. Il s'agit de la CEC.

Pour y parvenir, l'inspecteur doit apprécier le comportement en utilisant :

- **le tableau 3.4-1 présentant les critères généraux d'évaluation;**

ou en comparant l'importance des défauts détectés avec les défauts 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. Ainsi :

- une CEC de 4 désigne un élément dont les défauts n'ont qu'une légère, ou aucune, incidence sur son comportement. C'est la meilleure cote qui peut être attribuée à un élément, c'est-à-dire une valeur de 4 sur une possibilité de 4.
- une CEC de 1 désigne un élément dont les défauts ont une incidence très importante sur son comportement. C'est la plus faible cote qui peut être attribuée à un élément c'est-à-dire une valeur de 1 sur une possibilité de 4.

Cette évaluation est l'indicateur le plus important du système d'évaluation de l'état général des éléments. En effet, cette cote mesure l'effet des défauts sur la stabilité et la capacité structurale ou fonctionnelle des éléments ainsi que sur la sécurité et le confort des usagers. La CEC est aussi une indication du niveau de sécurité de la structure et du besoin de réaliser des actions afin d'assurer la sécurité des usagers.

L'évaluation du comportement est donc 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 à d'autres éléments ou au sol et, par conséquent, de diminuer la capacité de la structure et d'affecter 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 immédiatement l'ingénieur responsable. En cas d'urgence, une action immédiate doit être entreprise.

Généralement, un défaut de matériau entraîne un défaut de comportement. Toutefois, un défaut de matériau important n'entraîne pas nécessairement un défaut de comportement de même importance. Il est donc possible qu'un fort pourcentage d'un élément soit dans un état « C » ou « D » et que la cote d'évaluation du comportement soit égale à 3 ou 4.

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.

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 CEC.

Les critères d'évaluation du comportement sont pondérés de manière que les défauts relevés sur les éléments secondaires puissent être pleinement considérés, mais de façon relative par rapport aux éléments principaux.

3.4.1 Les critères généraux d'évaluation

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 le pourcentage de diminution de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure. Cela se traduit, souvent, par l'évaluation du pourcentage de diminution de la capacité structurale de l'élément.

Tableau 3.4-1 Évaluation du comportement des éléments d'une structure

Comportement	Pourcentage de diminution de l'aptitude d'un élément à jouer son rôle	
Cote	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 %

Le pourcentage réel de diminution de la capacité structurale d'un élément est une valeur qui est rarement évidente et qui, dans bien des cas, ne peut être déterminée avec exactitude que par des spécialistes.

Dans ces conditions, l'inspecteur doit donner, d'après son jugement, une appréciation de la diminution de la capacité des éléments structuraux. En cas de doute sur la valeur de la CEC à attribuer à un élément, l'inspecteur doit se référer à l'ingénieur responsable.

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 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 qui cause sa rupture.

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

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

3.4.2 Les critères spécifiques d'évaluation

Pour aider l'inspecteur à apprécier le rôle des éléments des structures, des critères spécifiques d'évaluation du comportement sont disponibles. Ces critères s'appliquent à des défauts pour lesquels il est impossible ou du moins très difficile d'évaluer un pourcentage de diminution de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure, par exemple :

- les mouvements d'un élément;
- les fissures structurales dans le tablier;
- les défauts affectant le confort et la sécurité des usagers.

Dans les tableaux des critères spécifiques, le pourcentage de diminution de l'aptitude de l'élément à jouer son rôle est généralement énoncé par une gradation de l'importance des défauts allant de léger à très important.

Les critères spécifiques d'évaluation du comportement des éléments font l'objet des chapitres 5 à 13 inclusivement.

3.5 LES COMMENTAIRES ET LES PHOTOS

L'inspecteur doit inscrire des commentaires dans le système GSQ-6026, par exemple une description plus détaillée du défaut ou bien l'endroit précis où il a été observé, pour chaque élément :

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

ou

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

De plus, il est recommandé d'ajouter des photos prises lors de l'inspection dans le GSQ-6026 (maximum 5 photos/élément).

3.6 LES ACTIVITÉS RECOMMANDÉES

L'inspecteur doit recommander des activités dans le système GSQ-6026 pour chaque élément :

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

ou

dont le matériau présente un état C sur plus de 20 % (C ≥ 20 %) ou un état D (D > 0 %).

Dans le système GSQ-6026, une liste d'activités potentielles pour tous les éléments est disponible. Cette liste a été produite à partir des activités d'entretien décrites dans le *Manuel d'entretien des structures* de la Direction 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 signaler 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 qui affectent les éléments des structures.

Lorsque l'inspecteur observe un défaut qui n'est pas couvert par 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 par rapport à 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 de l'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 énumérés ci-dessous :

- Dalle de transition
- Chasse-roue/bordure
- Trottoir

3.7.4 Les éléments évalués en comportement seulement

D'autres 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 suivants :

Groupe **« Cours d'eau–remblai »** :

- Cours d'eau
- Protection du lit
- Remblai
- Protection de talus

Groupes « **Culées** », « **Piles** », « **Arc à tympans rigides** », « **Murs de soutènement** » et « **Autres types de murs** » :

- Fondation

Groupe « **Platelage** »

- Système de drainage

Groupe « **Pont suspendu** »

- Massif d'ancrage

Groupe « **Approche** »

- Transition de chaussée
- Système de drainage
- Escalier (passerelle)

Groupe « **Ponceaux** »

- Fondation
- Mur parafouille
- Déflecteur ou piège à débris

Plusieurs raisons nous amènent à évaluer seulement le comportement de ces éléments.

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 des 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 et le mur parafouille 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 et de la dalle 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 n'est pas accessible, l'évaluation de l'état du matériau ne peut pas être réalisée. Dans ce cas, l'inspecteur doit donner seulement une cote d'évaluation du comportement en se basant sur l'observation des éléments à proximité de l'élément inaccessible.

Dans le système GSQ-6026, l'inspecteur devra indiquer « Élément inaccessible » dans le champ « Nature de l'inspection ».

De plus, lorsqu'une telle situation se présente, il est recommandé d'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.

3.7.6 Les éléments difficiles d'accès

Les éléments difficiles d'accès ont été définis au chapitre 1 « La procédure d'inspection », à la section 1.6.1.3. Lorsque toutes les conditions énumérées dans cette section sont respectées, alors les données de l'inspection générale précédente peuvent être reportées à la nouvelle inspection générale.

Dans le système GSQ-6026, l'inspecteur devra indiquer « Donnée reportée » dans le champ « Nature de l'inspection ».

3.8 L'AVIS TECHNIQUE DE FISSURATION

3.8.1 Les éléments visés par l'avis technique de fissuration

L'avis technique sur la fissuration vise certains éléments en béton armé et en béton précontraint.

Un avis technique de fissuration doit être demandé lorsque des fissures structurales de certaines dimensions, principalement des fissures de flexion ou de cisaillement, sont observées sur les éléments décrits dans le tableau 3.8-1.

Tableau 3.8-1 Conditions pour une demande d'avis technique de fissuration

Ouverture de la fissure	Matériau	Élément	Type de fissure
≥ 0,8 mm	Béton armé	Poutres (chap.7) Dalles épaisses avec étriers (chap. 8) Chevêtres sur colonnes ou en porte-à-faux (chap.6) Béquilles de portique (chap. 6)	Flexion ou cisaillement
≥ 0,05 mm	Béton précontraint	Poutres (chap.7) Dalles épaisses avec étriers (chap. 8) Béquilles de portique (chap.6)	Flexion ou cisaillement
> 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

Pour ces éléments, l'évaluation de l'état du matériau pour le défaut de fissuration doit se faire :

- **à l'aide des tableaux de défauts des matériaux présentés au chapitre 4;**

et

- **à l'aide des tableaux des critères spécifiques pour les éléments décrits aux chapitres 6, 7 et 8.**

Pour ce qui est de l'évaluation du comportement des éléments visés par l'avis technique de fissuration, les tableaux de critères spécifiques doivent être utilisés pour déterminer la cote CEC.

3.8.2 Les étapes de l'avis technique de fissuration

Le déclenchement d'un avis technique de fissuration a comme conséquence de mettre en action un niveau décisionnel afin de statuer sur l'incidence structurale des fissures observées, et ensuite sur les différents moyens disponibles pour gérer de façon sécuritaire cette problématique.

Ce palier de décision, qui est en fait un lever de drapeau, nécessite la collaboration de plusieurs intervenants, depuis l'inspecteur sur le terrain, qui devra décrire de façon détaillée le patron de fissuration observé, jusqu'au responsable de l'inspection 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 finale de comportement, et de proposer des interventions s'il y a lieu.

La Direction des structures demeure disponible pour guider le cheminement des intervenants, et ultimement 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. Les lignes directrices encadrant ce processus se résument aux points suivants :

Étape 1 : Le relevé de fissuration

Cette étape est essentielle pour bien décrire une fissure ou un patron de fissuration et pour permettre de faire un suivi dans le temps. Un relevé dimensionnel de la fissuration consiste en une série de données recueillies sur le terrain, telles que la localisation, la représentation graphique (avec photos 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 permet dans un grand nombre de cas de statuer rapidement sur l'incidence structurale des fissures observées. À partir du relevé de fissuration, la nature de la fissuration (flexion, cisaillement ou autres) peut normalement être déterminée. De plus, en se basant sur certaines données d'inventaire (âge, chargement de conception) et 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, l'impact d'une fissure sur le comportement d'un élément.

Étape 3 : Le suivi de la fissuration

Cette action est parfois nécessaire pour vérifier si l'ouverture d'une fissure est stable ou si elle continue à progresser dans le temps. L'éventail de mesures 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.

3.8.3 Les éléments non visés

L'évaluation de la fissuration du point de vue du comportement pour les éléments de béton autres que ceux ciblés par l'avis technique de fissuration doit se baser uniquement sur les critères généraux relatifs à l'aptitude d'un élément à jouer son rôle (section 3.4.1), et non pas sur les ouvertures des fissures.

Toutefois, un suivi de la fissuration peut parfois être recommandé pour ces éléments dans le but d'estimer si une fissure est active ou passive.

3.9 LES MESURES PROPOSÉES PAR LE SYSTÈME D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT

3.9.1 Les priorités d'intervention

Les défauts qui affectent les éléments d'une structure devraient toujours être réparés éventuellement afin de prévenir la dégradation pouvant entraîner l'affaiblissement de la structure, des problèmes de sécurité pour les usagers et une augmentation des coûts reliés à leur réparation.

Toutefois, étant donné que les budgets disponibles et la capacité de réalisation sont parfois insuffisants pour combler immédiatement tous les besoins, il devient alors essentiel d'établir des priorités d'intervention en fonction de l'importance des défauts.

Les interventions prioritaires sont généralement établies 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 3.9-1.

Tableau 3.9-1 Priorités d'intervention

CEC	Délai d'intervention
4	Aucune intervention requise avant 10 ans
3	Interventions requises d'ici 6 à 10 ans
2	Interventions requises d'ici 5 ans
1	Interventions requises d'ici 2 ans

Les interventions requises d'ici 2 ans, mentionnées au tableau 3.9-1, ne doivent pas être associées à une notion d'urgence. Elles indiquent plutôt que les interventions visées doivent être effectuées à court terme et avant d'autres qui peuvent être remises à une date ultérieure.

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 ou à une action comme la mise en place d'une signalisation.

3.9.2 Les défauts pouvant affecter la capacité de la structure

Les structures du réseau routier doivent être en bon état afin de garantir leur sécurité, particulièrement parce que des véhicules lourds circulent sur le réseau routier (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-6026 les défauts pouvant affecter la capacité structurale ou la stabilité d'une structure. Il s'agit de l'indicateur CECS qui est la plus basse CEC attribuée lors de l'inspection parmi les éléments principaux de la structure.

Lorsque la CECS d'une structure est égale 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 mises en place au plus tôt.

Différents types d'interventions 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 tant 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.

Les structures visées par ces mesures doivent de plus être signalées immédiatement à la Direction des structures dont le personnel est chargé de l'analyse des demandes de permis de transport en surcharge et de la mise à jour du site Internet des ponts avec limitation de poids.

3.9.3 Les défauts pouvant affecter la sécurité des usagers

Les mesures pouvant être considérées afin d'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 en régie, telle 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 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	Le joint froid	4-15
4.2.7	Les dépôts	4-16
4.2.8	Le nid de cailloux	4-18
4.2.9	Le cratère	4-18
4.3	**LA MAÇONNERIE**	4-19
4.3.1	La fissuration	4-19
4.3.2	La désagrégation	4-20
4.4	**L'ACIER**	4-22
4.4.1	La corrosion	4-22
4.4.2	La fissuration	4-25
4.4.3	Les déformations permanentes	4-29
4.5	**L'ALUMINIUM**	4-31
4.5.1	La corrosion	4-31
4.5.2	La fissuration	4-32
4.6	**LE BOIS**	4-33
4.6.1	La pourriture et le trou d'insecte	4-33
4.6.2	L'usure par abrasion	4-37
4.6.3	Le vieillissement	4-38
4.6.4	L'altération physique	4-40
4.6.5	Le bois brûlé	4-43

4.7 L'ENROBÉ 4-43

4.7.1 La fissuration 4-43
4.7.2 Le nid-de-poule 4-48
4.7.3 L'orniérage et les ondulations 4-50
4.7.4 Le ressuage et le polissage 4-53

4.8 TABLEAUX RÉSUMÉS DES DÉFAUTS 4-54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.8-1 Défauts du béton 4-55
Tableau 4.8-2 Défauts de la maçonnerie 4-56
Tableau 4.8-3 Défauts de l'acier 4-56
Tableau 4.8-4 Défauts de l'aluminium 4-57
Tableau 4.8-5 Défauts du bois 4-57
Tableau 4.8-6 Défauts de l'enrobé 4-58

LISTE DES FIGURES

Figure 4.4-2 a) Zones propices à la fissuration 4-26
Figure 4.4-2 b) Zones propices à la fissuration 4-27

PHOTOGRAPHIES

Photo 4.2-1 a) – Désagrégation moyenne d'un mur de soutènement 4-3
Photo 4.2-1 b) – Désagrégation très importante du côté extérieur d'un pont 4-3
Photo 4.2-2 a) – Tache de rouille à la surface du béton 4-5
Photo 4.2-2 b) – Armature apparente rouillée, mais perte de section négligeable 4-6
Photo 4.2-2 c) – Armature apparente rouillée, mais perte de section ≤ 30 % 4-6
Photo 4.2-2 d) – Corrosion très importante de l'armature et barres sectionnées 4-7
Photo 4.2-3 a) – Délaminage du dessous d'une poutre 4-8
Photo 4.2-3 b) – Délaminage du dessous d'une poutre 4-8
Photo 4.2-4 a) – Éclatement du béton dû à un impact 4-9
Photo 4.2-4 b) – Éclatement du béton du côté extérieur d'un pont dû à la corrosion de l'armature 4-10
Photo 4.2-4 c) – Éclatement et délaminage en dessous d'une poutre 4-10
Photo 4.2-5 a) – Fissures en forme de réseau 4-12
Photo 4.2-5 b) – Fissures causées par la réaction alcali-granulat 4-13
Photo 4.2-5 c) – Fissures causées par des tassements différentiels 4-13
Photo 4.2-5 d) – Fissures causées par la corrosion de l'armature 4-14
Photo 4.2-5 e) – Fissure moyenne dans le béton armé (ouverture < à 0,8 mm) 4-15
Photo 4.2-6 – Joint froid 4-16
Photo 4.2-7 a) – Efflorescence sous une dalle 4-17

Photo 4.2-7 b) – Stalactites sous une dalle 4-17
Photo 4.2-8 – Nid de cailloux 4-18
Photo 4.2-9 – Cratères 4-19
Photo 4.3-1 a) – Fissure moyenne dans la pierre et les joints d'un ouvrage 4-20
Photo 4.3-2 a) – Décollement des pierres du revêtement d'une pile par l'eau et les glaces (désagrégation très importante) 4-21
Photo 4.4-1 a) – Corrosion légère de l'âme d'un élément de charpente métallique 4-24
Photo 4.4-1 b) – Corrosion importante d'une poutre à âme pleine 4-24
Photo 4.4-1 c) – Corrosion très importante d'un longeron 4-25
Photo 4.4-2 a) – Fissure dans un assemblage soudé 4-28
Photo 4.4-2 b) – Fissure dans un assemblage riveté 4-28
Photo 4.4-3 a) – Déformation de la corde inférieure d'une poutre triangulée 4-30
Photo 4.4-3 b) – Fléchissement d'une entretoise 4-30
Photo 4.5-1 a) – Corrosion très importante à la base d'un montant d'un pont en arc 4-32
Photo 4.6-1 a) – Pourriture légère d'une pièce 4-35
Photo 4.6-1 b) – Pourriture moyenne d'une pièce 4-35
Photo 4.6-1 c) – Pourriture importante de l'extrémité d'une pièce 4-36
Photo 4.6-1 d) – Pourriture très importante d'une pièce 4-36
Photo 4.6-2 a) – Usure légère d'un platelage en bois 4-37
Photo 4.6-2 b) – Usure très importante d'un platelage en bois 4-38
Photo 4.6-3 a) – La gerce 4-39
Photo 4.6-3 b) – La fente 4-39
Photo 4.6-3 c) – Les roulures de cœur, en travers et de rive 4-40
Photo 4.6-4 a) – Pièce fêlée 4-41
Photo 4.6-4 b) – Rupture d'une pièce 4-42
Photo 4.6-4 c) – Écrasement d'une pièce 4-42
Photo 4.7-1 a) – Fissure transversale 4-44
Photo 4.7-1 b) – Fissure longitudinale de centre 4-45
Photo 4.7-1 c) – Fissure longitudinale dans la voie de roulement 4-45
Photo 4.7-1 d) – Fissure longitudinale de rive 4-46
Photo 4.7-1 e) – Fissures polygonales 4-46
Photo 4.7-1 f) – Carrelage 4-47
Photo 4.7-1 g) – Lézarde 4-47
Photo 4.7-2 a) – Pelade, nid-de-poule léger 4-49
Photo 4.7-2 b) – Nid-de-poule important 4-50
Photo 4.7-3 a) – Orniérage léger 4-51
Photo 4.7-3 b) – Orniérage important 4-52
Photo 4.7-3 c) – Ondulations légères 4-52
Photo 4.7-3 d) – Ondulations importantes 4-53
Photo 4.7-4 a) – Ressuage 4-54
Photo 4.7-4 b) – Polissage de la surface 4-54

4.1 GÉNÉRALITÉS

Dans le présent chapitre, les principaux défauts qui peuvent être observés 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;
- 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 de petites particules. La désagrégation est causée 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 particules de gravier ou de pierres.

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

Les photographies 4.2-1 c) et d) montrent l'érosion par abrasion.

Degrés de sévérité

Léger :	Détérioration du béton et détachement de gros granulats jusqu'à 25 mm de profondeur.
Moyen :	Détérioration du béton et détachement de gros granulats de 25 mm à 50 mm de profondeur.
Important :	Détérioration du béton et détachement de gros granulats de 50 mm à 100 mm de profondeur.
Très important :	Détérioration du béton et détachement de gros 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 semelle d'une pile

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 chlorures 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), c) et d).

Degrés de sévérité

Léger : Aucune trace de rouille.

Moyen : Traces de rouille à la surface du béton, mais aucune diminution de section de l'armature.

Important : Armature apparente rouillée et diminution de la section de la barre d'armature jusqu'à 30 %.

Très important : Armature apparente très rouillée et diminution de la 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 perte de section négligeable
Corrosion moyenne de l'armature

Photo 4.2-2 c) – Armature apparente rouillée, mais perte de section ≤ 30 %
Corrosion importante de l'armature

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

4.2.3 Le délaminage

Le délaminage est une fissuration interne entre la couche de surface et la couche en profondeur, sans qu'il y ait détachement. En apparence, la couche de surface peut sembler saine, mais en frappant la surface avec un marteau ou en traînant une chaîne, on obtient une résonance creuse. 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, comme dans le cas d'une dalle sur poutres. 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 affecter un béton qui a été réparé à la suite de la détérioration du vieux béton sous-jacent qui se continue.

En raison du fort potentiel de dégradation du délaminage, seul le degré de sévérité « important » lui est attribué.

Les photographies 4.2-3 a) et b) montrent le délaminage.

Degré de sévérité

Important : 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 être causé par une compression excessive, des collisions de véhicules, le mouvement des glaces et d'autres impacts contre les arêtes en béton laissées à découvert ou sur les joints du tablier et les joints de construction.

Il peut affecter un béton qui a été réparé à la suite de la détérioration progressive du vieux béton sous-jacent. 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 et sujette à une détérioration accélérée; ainsi, seul le degré de sévérité « important » est attribué à l'éclatement.

Degré de sévérité

Important : 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, d'une culée ou d'un mur, ces fissures sont verticales.

Les fissures transversales sont parallèles à l'axe transversal d'un élément. Dans le cas d'une pile, d'une culée ou d'un mur, ces fissures sont horizontales.

Les fissures diagonales se présentent selon un angle par rapport aux axes principaux de l'ouvrage.

Les fissures polygonales se présentent en différentes largeurs, dans des directions quelconques, et forment un réseau.

Les fissures dans le béton peuvent être présentes depuis la construction d'un ouvrage ou apparaître par la suite. Selon leur emplacement, leur importance et leur évolution, les fissures peuvent être un indice du comportement anormal d'un élément.

Les fissures sont produites par des contraintes de traction dans le béton. 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 ont un lien avec l'armature, tandis que cette corrélation n'existe pas dans le béton de masse.

Les fissures 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.

L'application de charges sur un élément de la structure génère, à l'intérieur de l'élément, les contraintes de traction et de compression nécessaires à son équilibre statique. Les fissures qui se développent dans les parties en traction sont d'abord filiformes et sans gravité. Toutefois, elles s'élargissent et se multiplient à mesure que la traction augmente dans l'armature.

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

Photo 4.2-5 a) – Fissures en forme de réseau

Dans des conditions d'humidité, 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 causées par la corrosion de l'armature.

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

Degrés de sévérité de la fissuration dans le béton armé et précontraint

Léger : Aucune fissure.

Moyen : Ouverture de fissure inférieure à 0,8 mm.

Important : Ouverture de fissure comprise entre 0,8 et 3,0 mm.

Très important : Ouverture de fissure supérieure à 3,0 mm.

Degrés de sévérité de la fissuration dans le béton de masse

Léger : Aucune fissure.

Moyen : Ouverture de fissure inférieure à 2,0 mm.

Important : Ouverture de fissure comprise entre 2,0 et 6,0 mm.

Très important : Ouverture de fissure supérieure à 6,0 mm.

La photographie 4.2-5 e) montre le mesurage de la largeur des fissures à l'aide d'un fissuromètre.

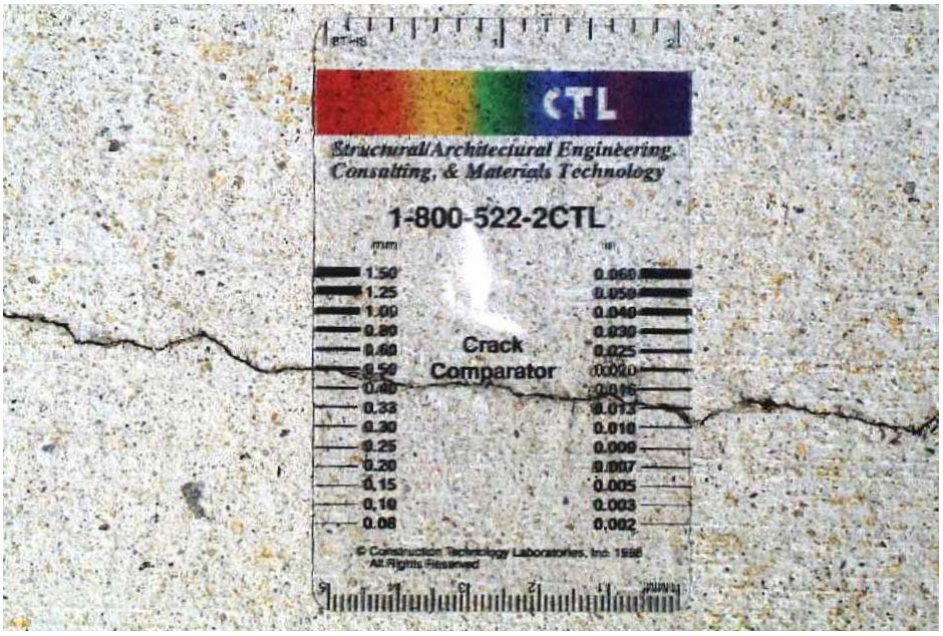


Photo 4.2-5 e) – Fissure moyenne dans le béton armé (ouverture < à 0,8 mm)

4.2.6 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.

Généralement, le joint froid, quoiqu'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.

La photographie 4.2-6 montre le joint froid.

Photo 4.2-6 – Joint froid

4.2.7 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;
- stalactite : dépôt en forme de glaçons suspendus à la surface du béton.

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.

Les photographies 4.2-7 a) et b) montrent les dépôts à la surface du béton.

Photo 4.2-7 a) – Efflorescence sous une dalle

Photo 4.2-7 b) – Stalactites sous une dalle

4.2.8 Le nid de cailloux

Le nid de cailloux est un défaut local caractérisé par un manque d'enrobage des gros granulats par le mortier. Il se produit lorsque la vibration du béton est incomplète et crée des vides entre les gros granulats.

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

La photographie 4.2-8 montre le nid de cailloux.

Photo 4.2-8 – Nid de cailloux

4.2.9 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.

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

La photographie 4.2-9 montre le cratère.

Photo 4.2-9 – Cratères

4.3 LA MAÇONNERIE

La maçonnerie est un ouvrage composé de pierres de taille ou de moellons joints par du mortier. Les ouvrages de maçonnerie se trouvent 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.

Lorsque la liaison entre le mortier et la pierre est faible, des fissures en zigzags apparaissent sur le contour des pierres. Lorsque cette liaison est supérieure à la résistance de la pierre, des fissures rectilignes traversent les joints de mortier et les pierres.

Degrés de sévérité

Léger : Aucune fissure.

Moyen : Ouverture de fissure inférieure à 2,0 mm.

Importante : Ouverture de fissure comprise entre 2,0 et 6,0 mm.

Très importante : Ouverture de fissure supérieure à 6,0 mm.

La photographie 4.3-1 a) montre la fissuration.

Photo 4.3-1 a) – Fissure moyenne dans la pierre et les joints d'un ouvrage

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.

Degrés se sévérité

Léger : Désagrégation superficielle de la pierre ou perte de mortier jusqu'à 25 mm de profondeur.

Moyen : Pierres légèrement fissurées ou perte de mortier de 25 à 50 mm de profondeur.

Important : Pierres très fissurées ou perte de mortier de 50 à 100 mm de profondeur.

Très important : Perte de pierres ou perte de mortier sur plus de 100 mm de profondeur.

La photographie 4.3-2 a) montre la désagrégation de la maçonnerie.

Photo 4.3-2 a) – 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;
- 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.

<u>Facteurs primaires</u>

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

<u>Facteurs secondaires</u>

- les sels et les chlorures;
- 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 des sols.

Les facteurs secondaires ont un effet direct sur les facteurs primaires. D'autres facteurs tels que la composition chimique de l'acier et les contraintes résiduelles lors de l'aciérage influencent également le taux de corrosion.

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 écailles, 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.

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, il développe en surface une pellicule de rouille dense et adhérente suffisamment imperméable pour empêcher l'oxydation du métal sous-jacent et toute corrosion ultérieure. 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 sur la surface sous-jacente.

Degrés de sévérité

Léger : Rouille légère ou sous le feuil de la peinture et diminution de la section de l'acier inférieure à 10 %.

Moyen : Rouille moyenne et piqûres à la surface ou apparition de lamelles et diminution de la section de l'acier de 10 à 20 %.

Important : Rouille importante et stratification légère et diminution de la section de l'acier de 20 à 30 %.

Très important : Stratification importante ou perforation locale et diminution de la section d'acier de plus de 30 %.

Les photographies 4.4-1 a), b) et c) montrent différents stades de corrosion de l'acier.

Photo 4.4-1 a) – Corrosion légère de l'âme d'un élément de charpente métallique

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

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

4.4.2 La fissuration

Une fissure est une fracture linéaire qui traverse partiellement ou complètement une membrure. 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. 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.

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.

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. 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.

Degré de sévérité

Très important : Présence de fissuration

Les figures 4.4-2 a) et b) montrent les zones propices à la fissuration.

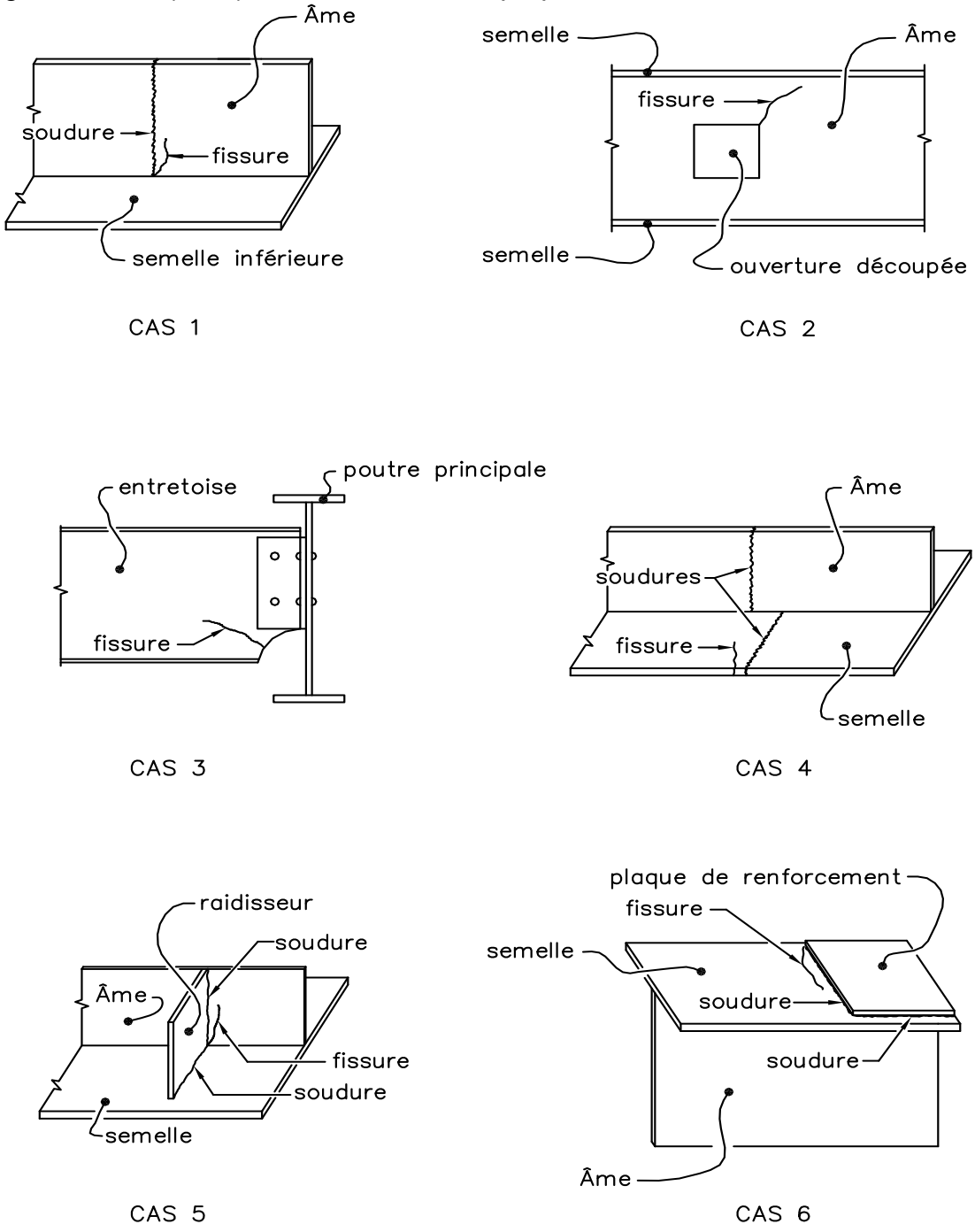
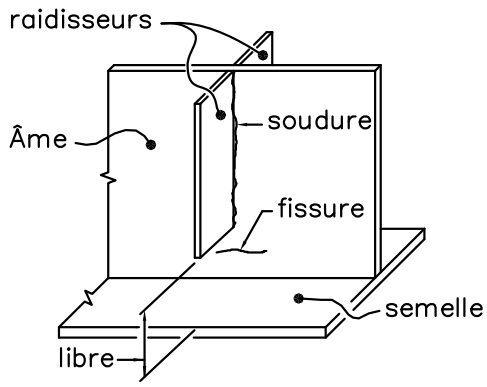
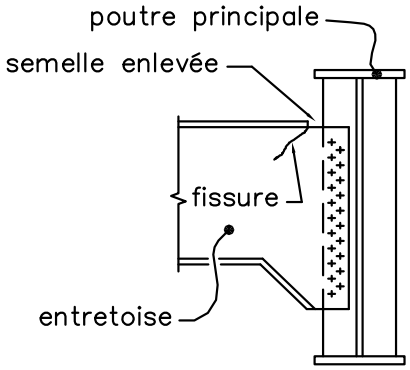


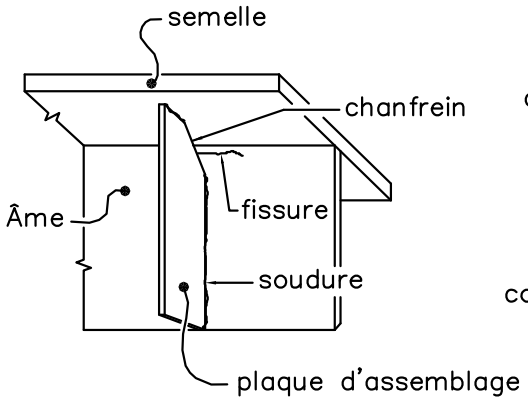
Figure 4.4-2 a) Zones propices à la fissuration



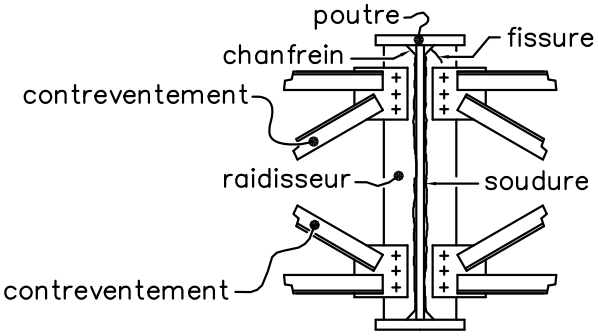
CAS 7



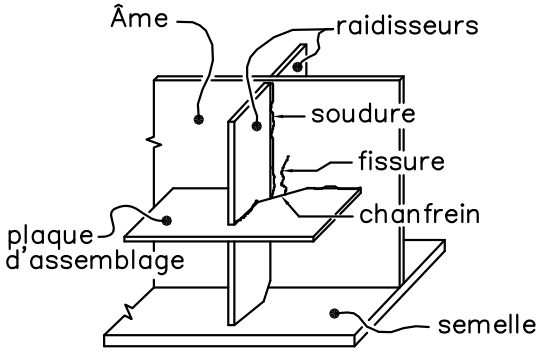
CAS 8



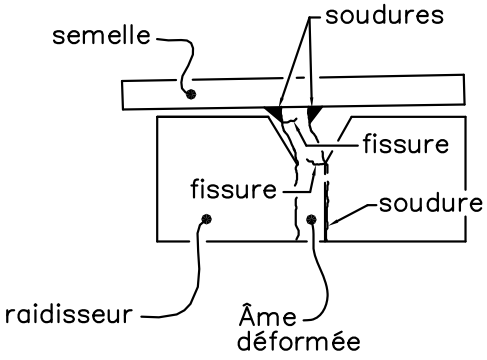
CAS 9



CAS 10



CAS 11



CAS 12

Figure 4.4-2 b) Zones propices à la fissuration

Les photographies 4.4-2 a) et b) montrent la fissuration.

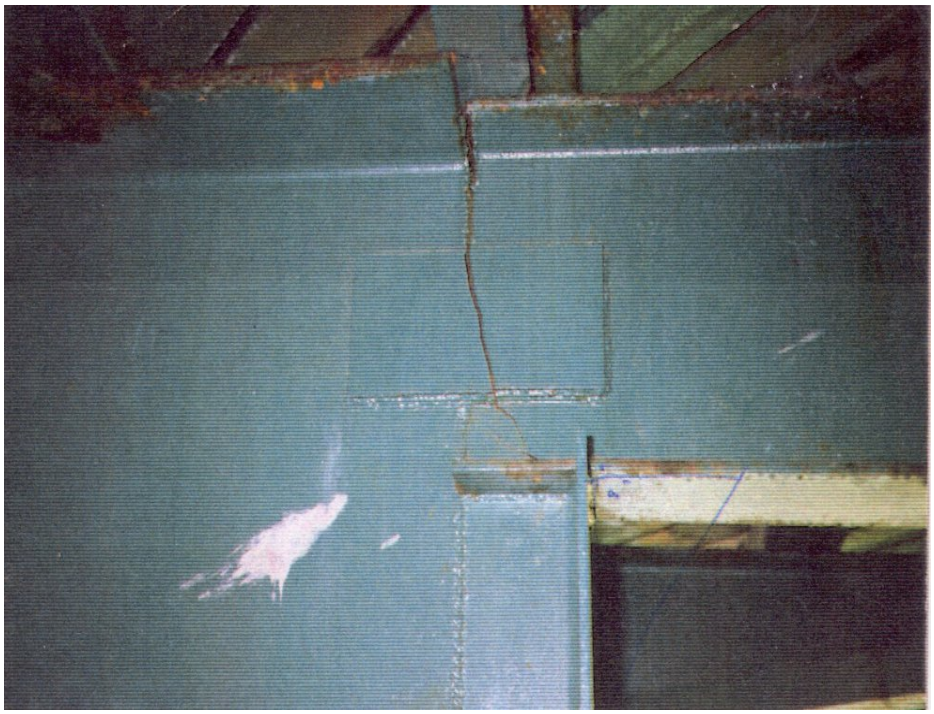


Photo 4.4-2 a) – Fissure dans un assemblage soudé

Photo 4.4-2 b) – Fissure dans un assemblage riveté

4.4.3 Les déformations permanentes

Les déformations permanentes d'une membrure apparaissent sous la forme de fléchissement, de déversement, de voilement, de flambement, de torsion, d'allongement ou d'une combinaison de ces déformations. Elles sont causées par une surcharge, par l'impact d'un véhicule ou par un contreventement ou un support latéral endommagé, insuffisant ou inexistant.

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.

L'allongement est une augmentation permanente de la longueur d'une membrure soumise à un effort de traction.

Comme la déformation permanente ne correspond pas généralement à un processus de dégradation en évolution, mais plutôt circonstanciel, ce défaut n'est pas évalué selon l'état du matériau, mais il doit être noté. 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 (voir à ce sujet le chapitre 7 « Systèmes structuraux »).

Il n'y a pas de degré de sévérité associé à l'importance de la déformation permanente lors de l'évaluation de la condition du matériau. Par contre, sa présence doit cependant être notée à l'inspection. Des photographies et des mesures des déformations doivent être prises afin d'être analysées par l'ingénieur responsable de l'inspection.

Les photographies 4.4-3 a) et b) montrent quelques déformations permanentes.

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

Photo 4.4-3 b) – Fléchissement d'une entretoise

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.

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 déglaçants 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.

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.

Degrés se sévérité

Léger : Aucune dégradation du métal ou apparence décolorée et tachetée, et diminution de la section inférieure à 10 %.

Moyen : Dégradation localisée de l'état métallique sous forme de boursouflures et de piqûres, et diminution de la section de 10 à 20 %.

Important : Dégradations nombreuses de l'état métallique sous forme de boursouflures et de piqûres, et diminution de la section de 20 à 30 %.

Très important : Dégradations très nombreuses et généralisées de l'état métallique sous forme de boursouflures et de piqûres, et diminution de la section supérieure à 30 %.

La photographie 4.5-1 a) montre la corrosion de l'aluminium.

Photo 4.5-1 a) – Corrosion très importante à la base d'un montant d'un pont en arc

4.5.2 La fissuration

La fissuration dans l'aluminium s'apparente à celle dans l'acier (voir la section 4.4.2).

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.

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. 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.

Degré de sévérité

Très important : Présence de fissuration.

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 dans la construction des ponts acier-bois et de certains murs de soutènement.

Les défauts du bois sont causés par des éléments climatiques, des agents destructeurs tels les champignons, les insectes, les produits chimiques et le feu ou résultent de la circulation des véhicules ou du mouvement des glaces.

Les principaux défauts du bois sont :

- la pourriture et le trou d'insecte;
- l'usure par abrasion;
- 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 qui entraînent le ramollissement, la perte de résistance et de poids ainsi que le changement de couleur et de texture. La pourriture débute dans les fissures, les nœuds, les trous et aux extrémités des pièces et se propage par les spores produites par les champignons.

La croissance de ces champignons destructeurs dépend de trois facteurs principaux; l'absence d'un de ces facteurs empêche la pourriture. Ces facteurs sont :

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

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 peut être facilement associée au ramollissement de la structure cellulaire 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 d'un objet pointu.

Degrés de sévérité

Léger : Grande résistance à la pénétration d'un objet pointu.

Moyen : Résistance limitée à la pénétration d'un objet pointu.

Important : Résistance faible à la pénétration d'un objet pointu.

Très important : Résistance minime ou aucune résistance à la pénétration d'un objet pointu.

Les photographies 4.6-1 a), b), c) et d) montrent la pourriture.

Photo 4.6-1 a) – Pourriture légère d'une pièce

Photo 4.6-1 b) – Pourriture moyenne d'une pièce

Photo 4.6-1 c) – Pourriture importante de l'extrémité d'une pièce

Photo 4.6-1 d) – Pourriture très importante d'une pièce

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, une diminution de section et l'apparition de fissures. Elle est le résultat de la friction générée par la circulation des véhicules combinée à l'effet d'abrasion du sable, des poussières et des débris. 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.

Degrés de sévérité

Léger : Diminution de la section inférieure à 10 %.

Moyen : Diminution de la section de 10 à 20 %.

Important : Diminution de la section de 20 à 30 %.

Très important : Diminution de la section supérieure à 30 %.

Les photographies 4.6-2 a) et b) montrent l'usure par abrasion.

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 Le vieillissement

Le vieillissement est la détérioration du bois exposé aux différentes conditions atmosphériques : 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.

Le vieillissement du bois non traité est caractérisé par une décoloration de la surface qui acquiert une teinte grisâtre et présente de nombreuses gerces, fentes et roulures.
Le vieillissement du bois traité s'effectue plus lentement et la surface acquiert une teinte gris-brun.

Les photographies 4.6-3 a), b) et c) montrent la gerce, la fente et la roulure.

Photo 4.6-3 a) – La gerce

Photo 4.6-3 b) – La fente

Photo 4.6-3 c) – Les roulures de cœur, en travers et de rive

Généralement, le vieillissement, quoiqu'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 qui est fonction de la quantité, de la longueur et de la profondeur des fissures qui affectent les pièces doit être notée seulement.

4.6.4 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 est la continuité d'une fente.

L'écrasement est une déformation permanente perpendiculaire aux fibres à la suite de la perte d'élasticité engendrée par une compression excessive.

Lorsque la séparation devient complète, on parle alors de rupture de la pièce de bois.

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 doivent être notés, et des photographies des altérations physiques doivent être prises.

Les photographies 4.6-4 a), b) et c) montrent l'altération physique.

Photo 4.6-4 a) – Pièce fêlée

Photo 4.6-4 b) – Rupture d'une pièce

Photo 4.6-4 c) – Écrasement d'une pièce

4.6.5 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 une intervention immédiate est nécessaire dans ces cas.

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

La surface de roulement la plus utilisée sur les ponts au Québec est l'enrobé bitumineux. Elle est exposée aux effets du climat et aux sels déglaçants, 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 membrane d'étanchéité où elles sont arrêtées et 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;
- 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 lézardes.

Les fissures transversales sont perpendiculaires à la chaussée et la traversent sur une partie ou sur toute sa largeur (photo 4.7-1 a).

Photo 4.7-1 a) – Fissure transversale

Les fissures longitudinales sont à peu près parallèles au sens de la circulation. Elles peuvent être catégorisées selon leur localisation sur la chaussée :

- les fissures de centre, au milieu de la chaussée (photo 4.7-1b);
- les fissures longitudinales, le long des voies de roulement (photo 4.7-1c);
- les fissures de rive, dans les accotements, le long des chasse-roues, trottoirs ou des dispositifs de retenue (photo 4.7-1d).

Photo 4.7-1 b) – Fissure longitudinale de centre

Photo 4.7-1 c) – Fissure longitudinale dans la voie de roulement

Photo 4.7-1 d) – Fissure longitudinale de rive

Les fissures polygonales constituent un réseau de fissures à mailles larges (300 mm à 3 m), de forme relativement carrée (photo 4.7-1 e). Elles couvrent généralement toute la surface de la chaussée.

Photo 4.7-1 e) – Fissures polygonales

Lorsque les fissurations polygonales forment un réseau à petites mailles dont le diamètre est inférieur à 300 mm, elles peuvent être désignées sous le nom de carrelage (photo 4.7-1 f).

Photo 4.7-1 f) – Carrelage

Les lézardes sont des fissures qui s'étalent, au hasard sur le pavage, en lignes sinueuses (photo 4.7-1 g). Elles peuvent être à la fois longitudinales et transversales suivant un tracé irrégulier, sans patron défini.

Photo 4.7-1 g) – Lézarde

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.

Degrés de sévérité

Léger : Fissures absentes ou minimes.

Moyen : Fissures dont l'ouverture est inférieure à 15 mm.

Important : Fissures dont l'ouverture varie de 15 à 30 mm.

Très important : Fissures dont l'ouverture est supérieure à 30 mm ou 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 du désenrobage, de l'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.

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.

La pelade est l'arrachement par plaques de l'enrobé dû à un manque d'adhérence entre la membrane d'étanchéité et le béton du tablier ou entre la membrane d'étanchéité et l'enrobé, ou entre deux couches d'enrobé.

Degrés de sévérité

Léger : Trou dans la chaussée, de forme arrondie, d'une profondeur inférieure à 20 mm.

Moyen : Trou dans la chaussée, de forme arrondie, de 20 à 40 mm de profondeur.

Important : Trou dans la chaussée, de forme arrondie, de 40 à 60 mm de profondeur.

Très important : Trou dans la chaussée, de forme arrondie, d'une profondeur supérieure à 60 mm.

Les photographies 4.7-2 a) et b) montrent le nid-de-poule et la pelade.

Photo 4.7-2 a) – Pelade, nid-de-poule léger

Photo 4.7-2 b) – Nid-de-poule important

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.

Les ondulations sont des irrégularités de profil dans le pavage sous forme de rides rapprochées, de vagues et de distorsions. 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 et latéraux du revêtement.

Degrés de sévérité

Léger : Affaissement de l'enrobé le long des voies de roulement ou irrégularités de profil d'une profondeur inférieure à 10 mm.

Moyen : Affaissement de l'enrobé le long des voies de roulement ou irrégularités de profil d'une profondeur variant de 10 à 20 mm.

Important : 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 : Affaissement de l'enrobé le long des voies de roulement ou irrégularités de profil d'une profondeur supérieure à 40 mm.

Les photographies 4.7-3 a) et b) montrent l'orniérage. Les photographies 4.7-3 c) et d) montrent les ondulations.

Photo 4.7-3 a) – Orniérage léger

Photo 4.7-3 b) – Orniérage important

Photo 4.7-3 c) – Ondulations légères

Photo 4.7-3 d) – Ondulations importantes

4.7.4 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 le béton bitumineux, 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.

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.

La photographie 4.7-4 a) montre le ressuage et la photographie 4.7-4 b) montre le polissage.

Photo 4.7-4 a) – Ressuage

Photo 4.7-4 b) – Polissage de la surface

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	DEGRÉS DE SÉVÉRITÉ			
	LÉGER	**MOYEN**	**IMPORTANT**	**TRÈS IMPORTANT**
Désagrégation ou érosion par abrasion : Détérioration du béton et détachement de gros 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	aucune	trace de rouille à la surface du béton	armature apparente rouillée	armature apparente très rouillée
et Diminution de section de la barre due à la corrosion	aucune	aucune	jusqu'à 30 %	plus de 30 %
Fissuration :				
Ouverture de fissures dans le béton armé ou précontraint	aucune	inférieure à 0,8 mm	de 0,8 à 3 mm	supérieure à 3 mm
Ouverture de fissures dans le béton de masse	aucune	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	DEGRÉS DE SÉVÉRITÉ			
	LÉGER	MOYEN	IMPORTANT	TRÈS IMPORTANT
Désagrégation :				
Perte de mortier à une profondeur	jusqu'à 25 mm	de 25 à 50 mm	de 50 à 100 mm	plus de 100 mm
Dégradation de la pierre	superficielle	pierres légèrement fissurées	pierres très fissurées	perte de pierres
Fissuration : Ouverture de fissures	aucune	inférieure à 2 mm	de 2 à 6 mm	supérieure à 6 mm

Tableau 4.8-3 Défauts de l'acier

DESCRIPTION DES DÉFAUTS	DEGRÉS DE SÉVÉRITÉ			
	LÉGER	MOYEN	IMPORTANT	TRÈS IMPORTANT
Corrosion :				
Dégradation de l'acier par la corrosion	rouille légère ou sous le feuil de la peinture	rouille moyenne et piqûres à la surface ou apparition de lamelles	rouille importante et stratification légère	stratification importante ou perforation locale
Diminution de section de l'acier due à la corrosion	inférieure à 10 %	de 10 à 20 %	de 20 à 30 %	plus de 30 %
Fissuration : Fracture dans une membrure				présence [(1)]
Défauts à noter :	Déformations permanentes : déformations d'une membrure sous la forme de fléchissement, de déversement, de flambement, de torsion ou d'allongement			

[(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	DEGRÉS DE SÉVÉRITÉ			
	LÉGER	MOYEN	IMPORTANT	TRÈS IMPORTANT
Corrosion :				
Dégradation de l'état métallique sous forme de boursouflures et de piqûres	aucune / apparence décolorée et tachetée	localisées	nombreuses	très nombreuses et généralisées
Diminution de section du métal due à la corrosion	inférieure à 10 %	de 10 à 20 %	de 20 à 30 %	plus de 30 %
Fissuration : Fracture dans une membrure				présence [(1)]
[(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	DEGRÉS DE SÉVÉRITÉ			
	LÉGER	MOYEN	IMPORTANT	TRÈS IMPORTANT
Pourriture ou trou d'insecte Bois offrant une résistance à la pénétration d'un objet pointu	grande	limitée	faible	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 :	Vieillissement: détérioration du bois sous forme de gerce, de fente ou de roulure Altération physique: altération sous forme de fêlure, d'écrasement ou de rupture résultant d'une surcharge excessive ou d'un impact Bois brûlé: bois ayant subi une dégradation suite à un feu			

Tableau 4.8-6 Défauts de l'enrobé

DESCRIPTION DES DÉFAUTS	DEGRÉS DE SÉVÉRITÉ			
	LÉGER	**MOYEN**	**IMPORTANT**	**TRÈS IMPORTANT**
Fissuration : Fissures transversales, longitudinales, latérales, polygonales, lézardes	aucune à minimes	ouverture inférieure à 15 mm	ouverture comprise entre 15 et 30 mm	ouvert. sup. 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 ondulations : Affaissement de l'enrobé le long des pistes 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: surface lisse et glissante résultant de l'usure des granulats ou de l'exsudation du bitume à la surface de l'enrobé			

CHAPITRE 5

COURS D'EAU / 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
5.3	**LE RENDEMENT HYDRAULIQUE DES STRUCTURES**	5-10
5.4	**LES ALTÉRATIONS DES COURS D'EAU**	5-11
5.4.1	L'affouillement	5-11
5.4.2	La détection de l'affouillement	5-17
5.4.3	La dégradation et l'exhaussement du lit d'un cours d'eau	5-18
5.4.4	L'accumulation de glace	5-19
5.4.5	L'accumulation de débris	5-22
5.5	**LA PROTECTION DU LIT**	5-23
5.6	**LE REMBLAI D'APPROCHE**	5-24
5.6.1	L'affouillement	5-25
5.6.2	L'érosion	5-26
5.6.3	Le tassement	5-26
5.6.4	Le glissement	5-27
5.7	**LA PROTECTION DE TALUS**	5-28
5.7.1	Le déplacement	5-29
5.7.2	La désagrégation	5-29
5.7.3	La déchirure du géotextile	5-29
5.7.4	Le sectionnement des fils en acier des gabions	5-29
5.8	**L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU**	5-30
5.9	**L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT**	5-30
5.9.1	Général	5-30
5.9.2	Évaluation du cours d'eau	5-31

5.9.3 Évaluation de la protection du lit 5-31
5.9.4 Évaluation du remblai 5-31
5.9.5 Évaluation de la protection de talus 5-32

5.10 EXEMPLES 5-35

5.10.1 Le cours d'eau 5-35
5.10.2 La protection du lit 5-39
5.10.3 Le remblai 5-40
5.10.4 La protection de talus 5-42

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 5.9-1 Critères spécifiques – Comportement – Cours d'eau 5-33
Tableau 5.9-2 Critères spécifiques – Comportement – Protection du lit (ponceaux seulement) 5-33
Tableau 5.9-3 Critères spécifiques – Comportement – Remblai 5-34
Tableau 5.9-4 Critères spécifiques – Comportement – Protection de talus 5-34

TABLE DES FIGURES

Figure 5.2-1 Lits d'un cours d'eau 5-3
Figure 5.2-2 Principales formes de cours d'eau 5-4
Figure 5.2-3 Définition de la sinuosité (Si) 5-5
Figure 5.2-4 Sinuosité du thalweg 5-6
Figure 5.2-5 Cours d'eau à canaux multiples en période d'étiage 5-7
Figure 5.2-6 Géométrie des méandres 5-8
Figure 5.2-7 Distribution de la vitesse dans un méandre 5-9
Figure 5.2-8 Mouvement des sédiments 5-10
Figure 5.4-1 Affouillement général montrant le changement possible de l'alignement du lit affouillé 5-12
Figure 5.4-2 Coupe longitudinale d'un affouillement général 5-13
Figure 5.4-3 Configuration de l'écoulement – affouillement local d'une pile 5-14
Figure 5.4-4 Effet de l'écoulement aux piles obliques 5-15
Figure 5.4-5 Affouillement local aux culées 5-17
Figure 5.4-6 Dégradation du lit due à la présence d'un barrage 5-19
Figure 5.4-7 Localisation d'embâcles de glace 5-21
Figure 5.4-8 Débris 5-23
Figure 5.6-1 Localisation du remblai 5-25
Figure 5.6-2 Le tassement du remblai d'approche 5-26
Figure 5.6-3 Types de glissement 5-28

5.1 GÉNÉRALITÉS

Les éléments qui font partie du groupe « Cours d'eau–remblai » sont traités dans le présent chapitre. Il s'agit des éléments présentés ci-dessous :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance** [(1)]	**Quantité**
Cours d'eau–remblai	Cours d'eau	S	S. O.
	Remblai	S	S. O.
	Protection de talus	S	S. O.
	Protection du lit	S	S. O.

(1) P : principal S : secondaire

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;
- 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).

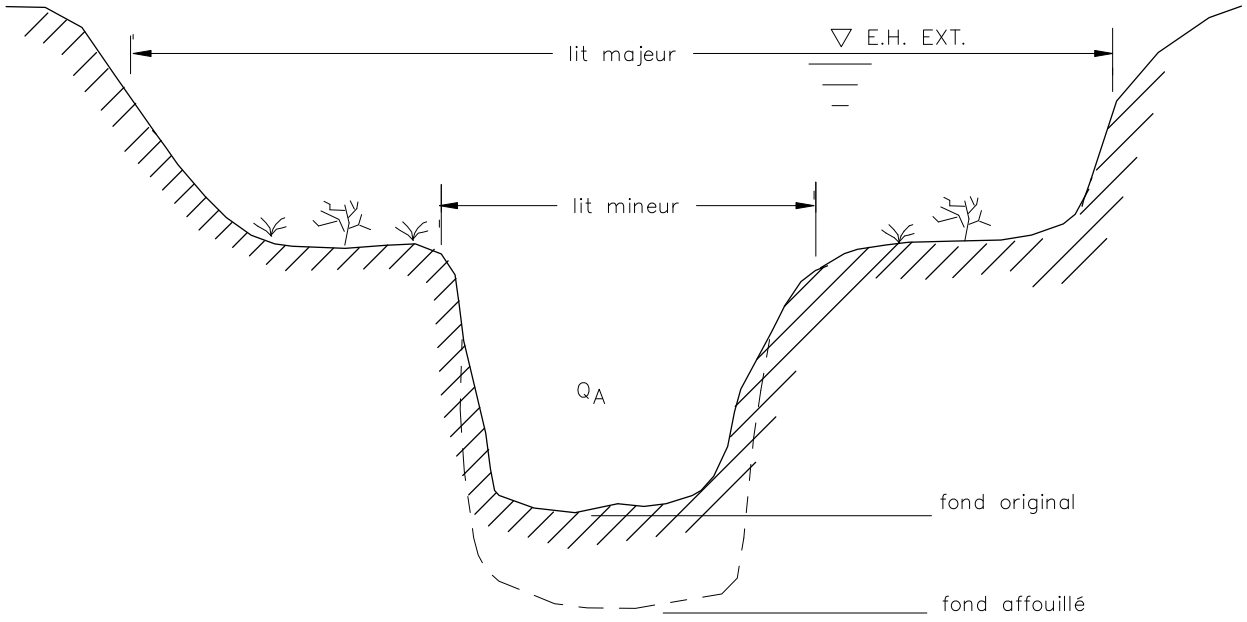
Le débit du lit mineur s'écoule en général sur des alluvions mobiles et peut donc se déformer au cours des crues. Par contre, le lit majeur, constitué en général de plantations ou de zones urbanisées, peut être considéré comme fixe.

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.



E.H.EXT. = EAUX HAUTES EXTRÊMES

Q_A = DÉBIT ANNUEL

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.

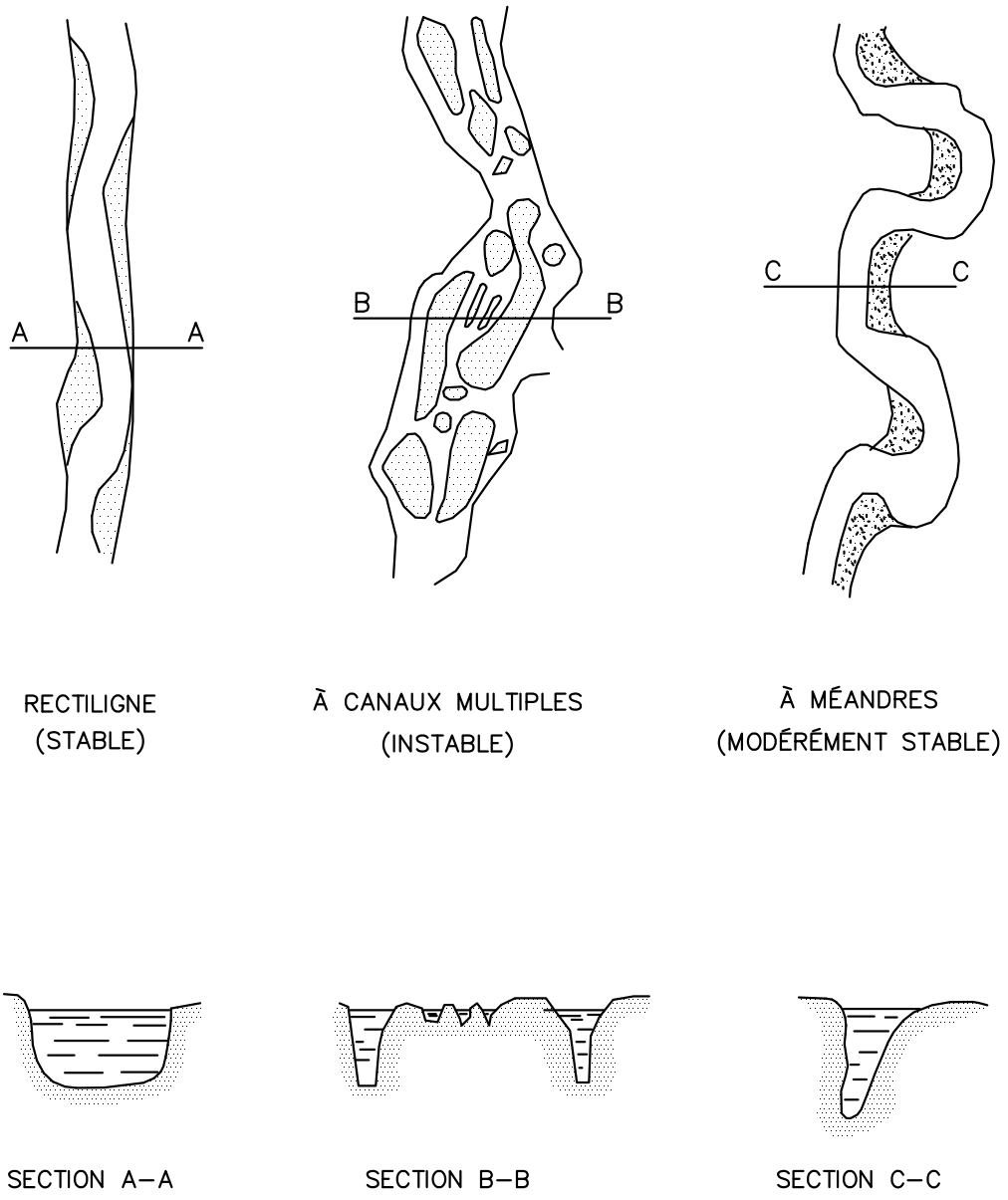


Figure 5.2-2 Principales formes de cours d'eau

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 (Si), 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).

$S_i = Lm/L$

$S_i \geqslant 1,5$ 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 (Si)

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.

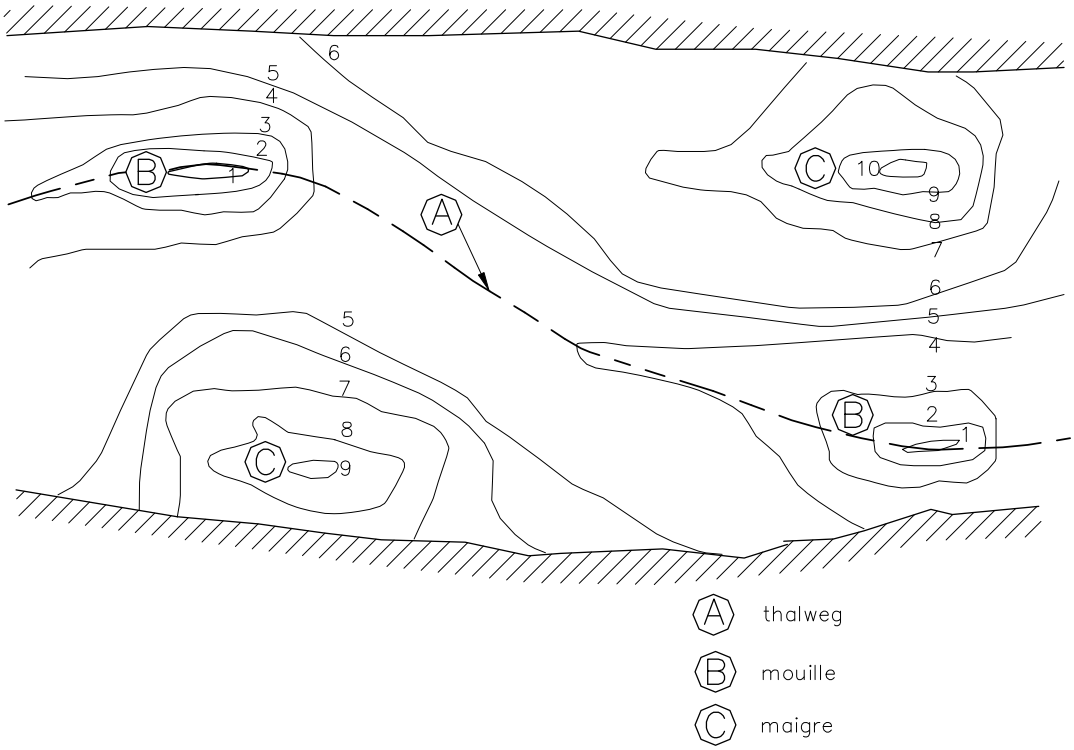


Figure 5.2-4 Sinuosité du thalweg

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 continuel 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.

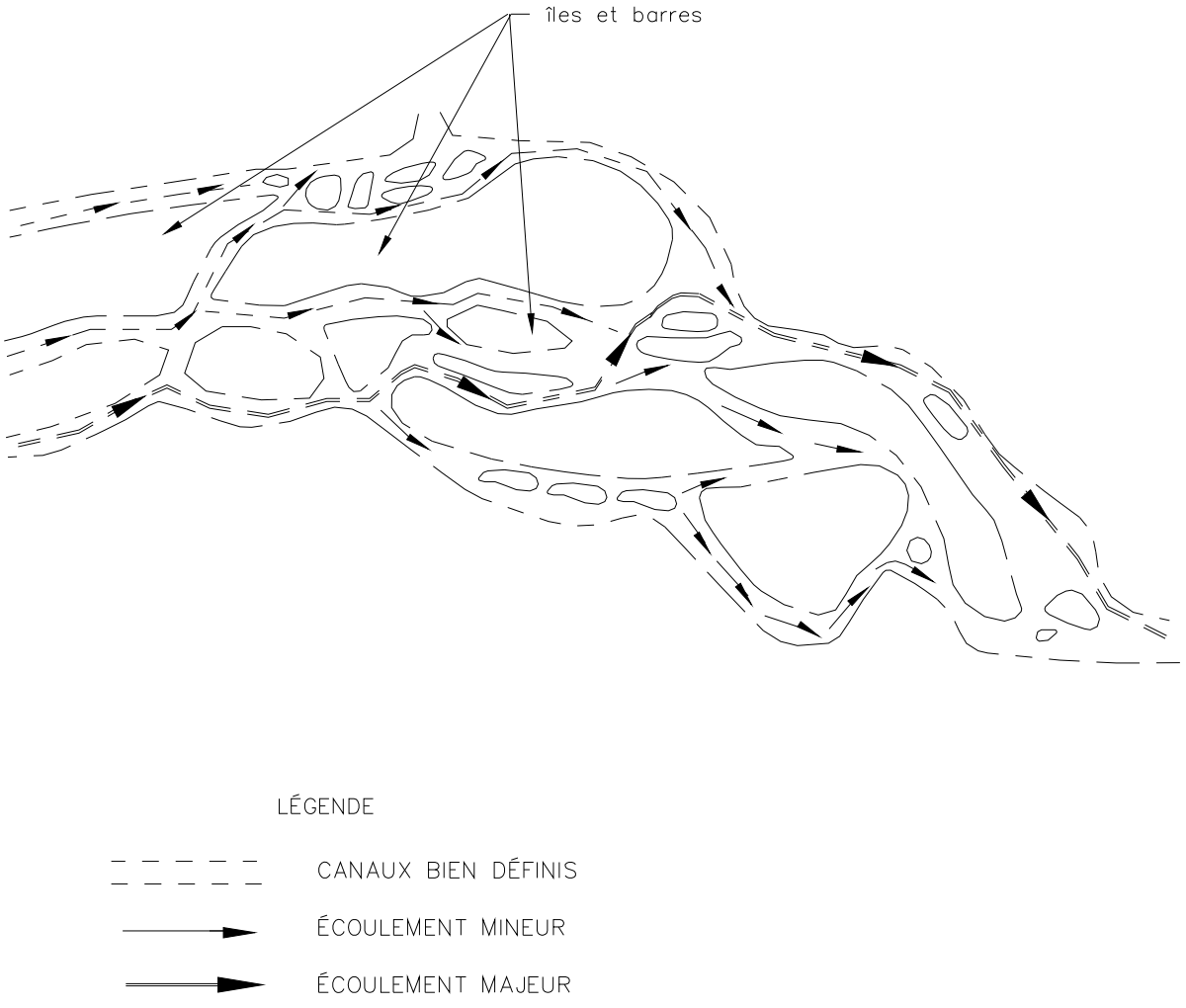
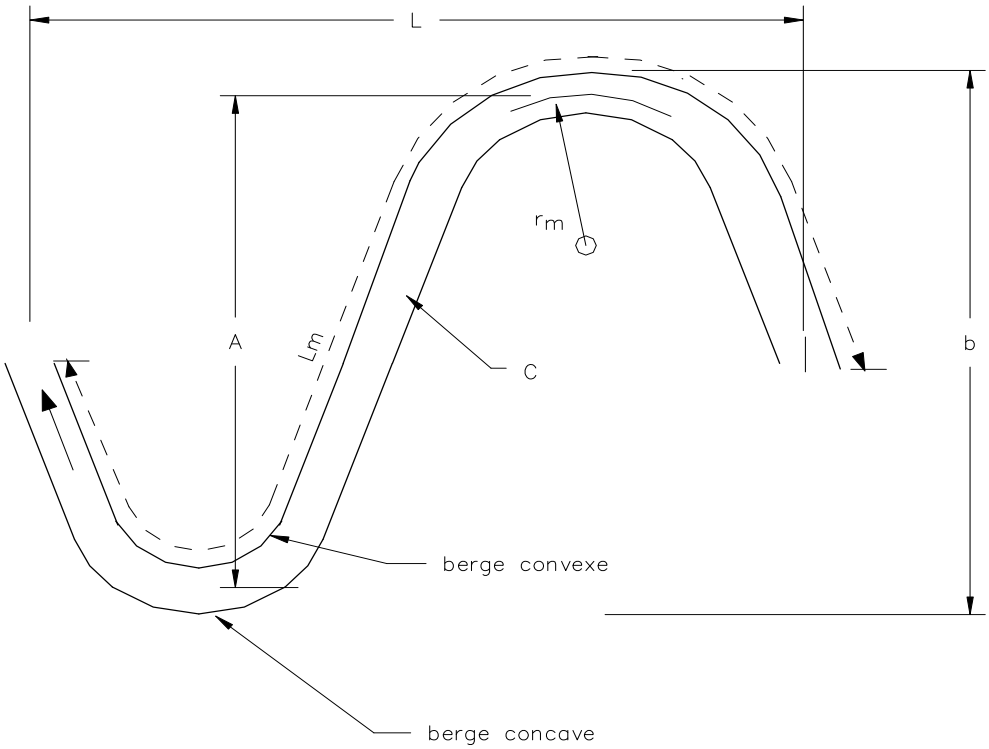


Figure 5.2-5 Cours d'eau à canaux multiples en période d'étiage

Le cours d'eau à méandres

Ce type de cours d'eau se caractérise par des courbes en forme de S dont le rapport Lm/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 celui-ci.



L = longueur du méandre

A = amplitude

r_m = rayon de courbure moyen

L_m = longueur du cours d'eau

C = point d'inflexion

b = largeur de la ceinture de méandres

Figure 5.2-6 Géométrie des méandres

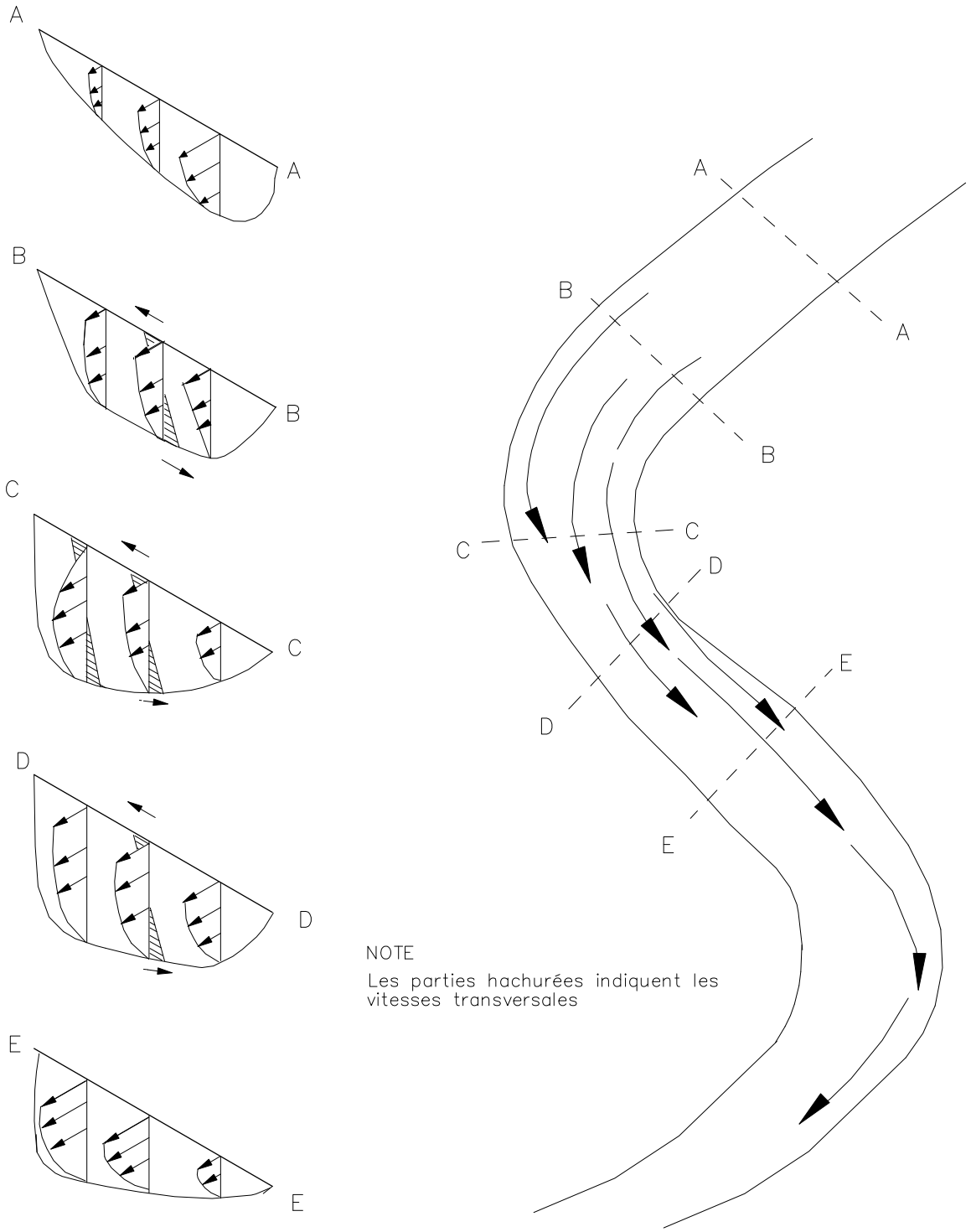


Figure 5.2-7 Distribution de la vitesse dans un méandre

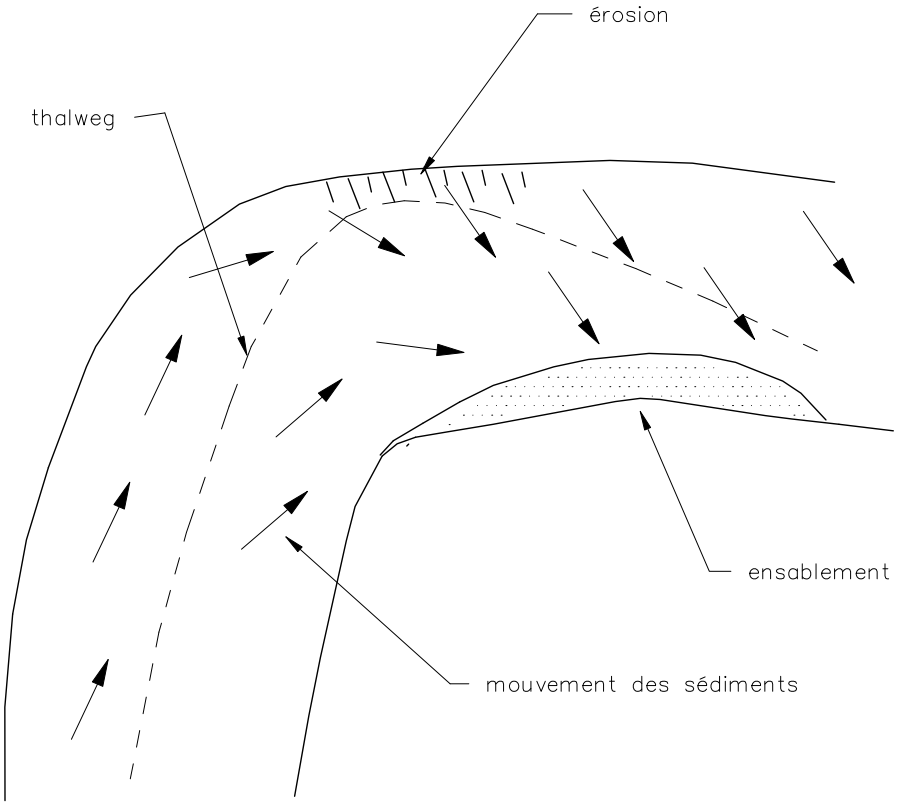


Figure 5.2-8 Mouvement des sédiments

5.3 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 ou le creusage artificiel peuvent également affecter le rendement hydraulique d'une structure et de façon très importante sa stabilité.

5.4 LES ALTÉRATIONS DES 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 au moment de la conception d'une nouvelle structure ou lors de l'inspection d'une structure existante 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 l'exhaussement du lit;
- l'accumulation de glace;
- l'accumulation de débris;
- les barrages de castors.

5.4.1 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 5.4-1). 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 boulders.

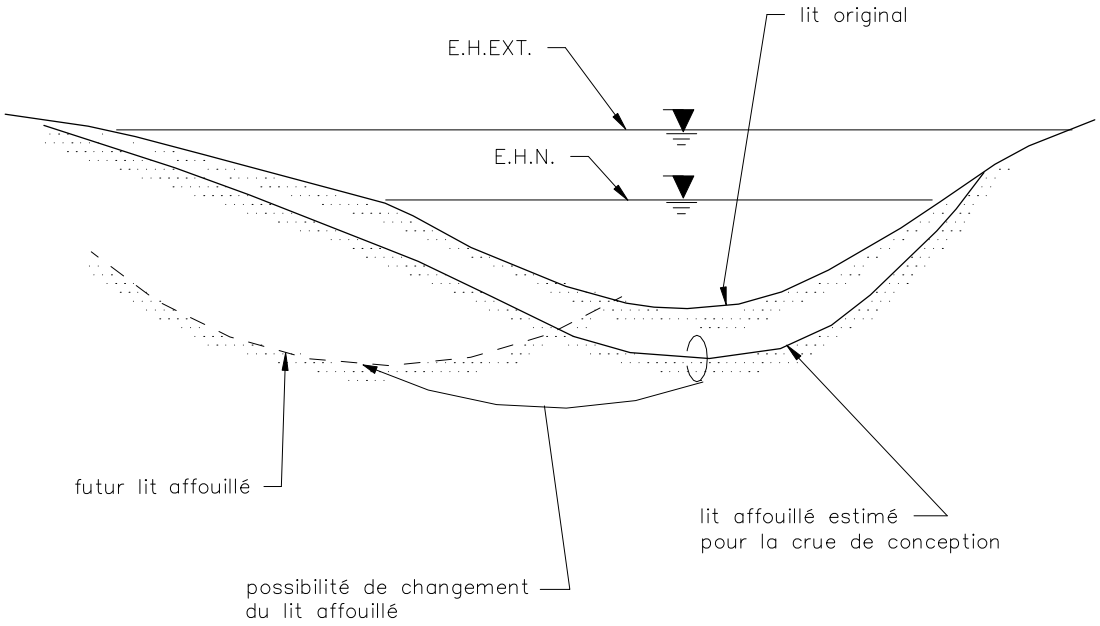
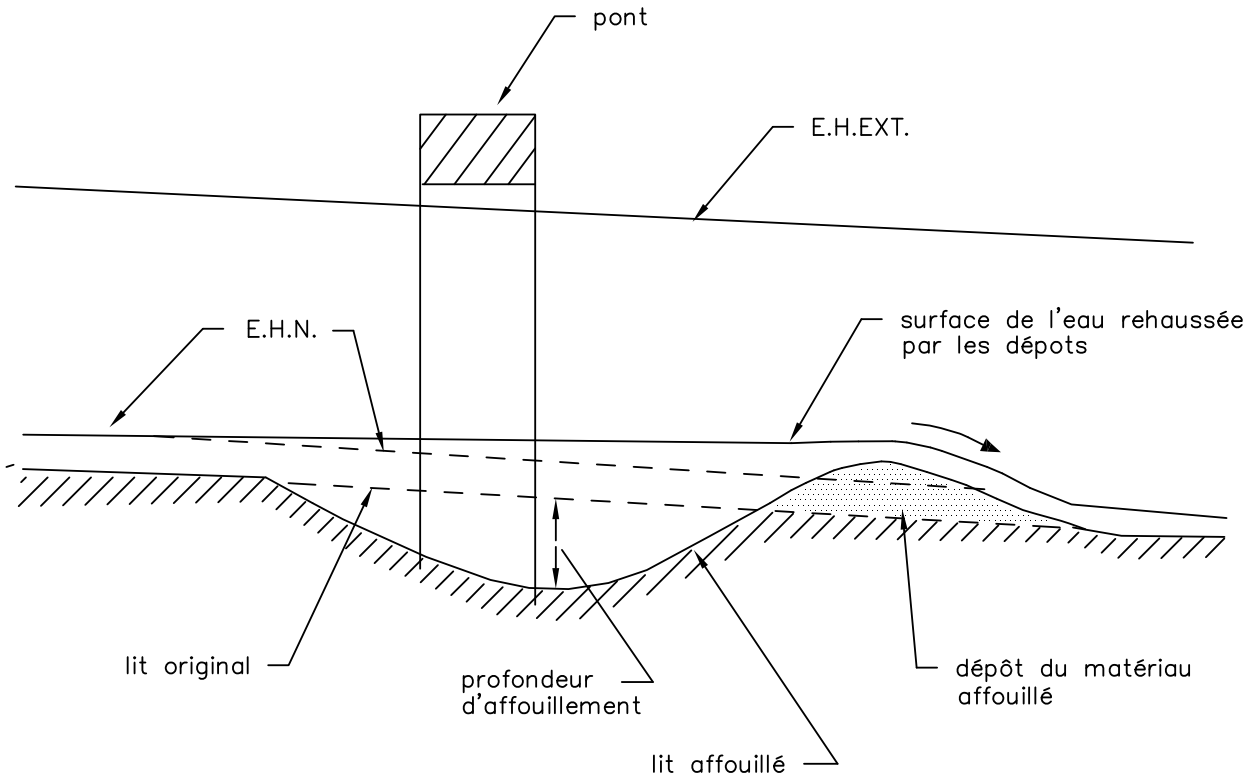


Figure 5.4-1 Affouillement général montrant le changement possible de l'alignement du lit affouillé

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'un trou d'affouillement au pont et immédiatement en aval et des barres à l'extrémité aval de ce trou (figure 5.4-2). Cela 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 la barre.

Durant la crue et après sa régression, il est possible que le trou 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 le trou ne se remplisse qu'après plusieurs années ou même qu'il 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.



NOTE
Échelle verticale déformée

E.H.EXT. = EAUX HAUTES EXTRÊMES

E.H.N. = EAUX HAUTES NORMALES

Figure 5.4-2 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 un trou 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 5.4-3).

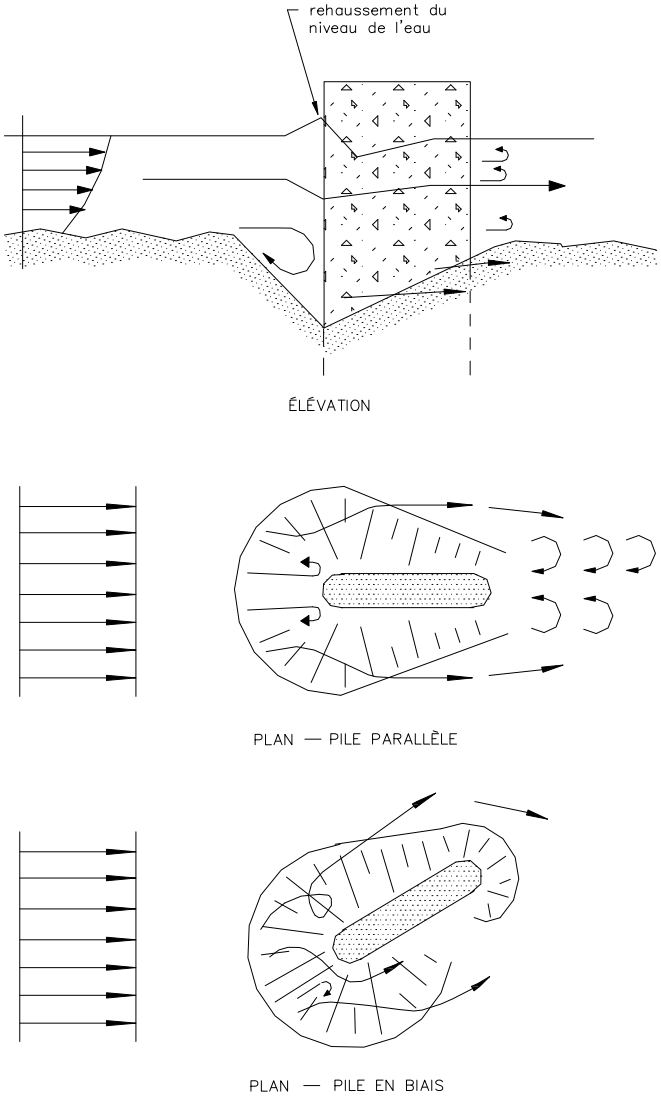
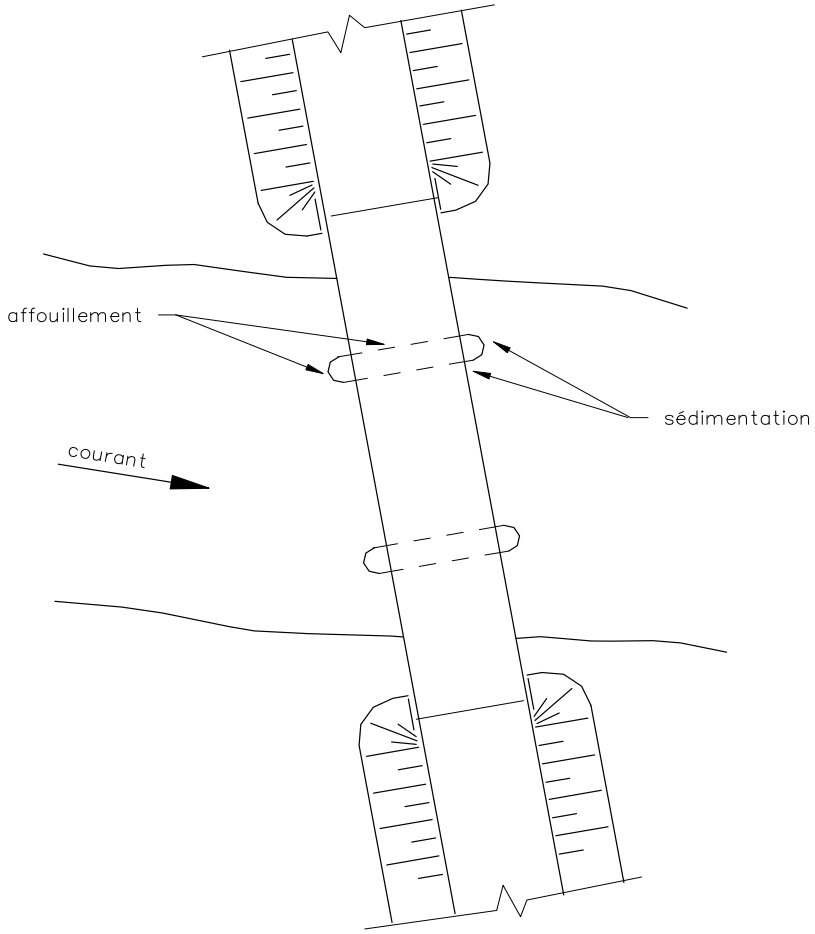


Figure 5.4-3 Configuration de l'écoulement – affouillement local d'une pile

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 5.4-4).



NOTE
L'écoulement aux piles obliques cause un affouillement à l'avant–bec et sur le coté exposé au courant, et de la sédimentation sur le coté non exposé.

Figure 5.4-4 Effet de l'écoulement aux piles obliques

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;
- et 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. Dans une telle situation par contre, la glace et les débris peuvent être la source de plusieurs problèmes.

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 5.4-5).

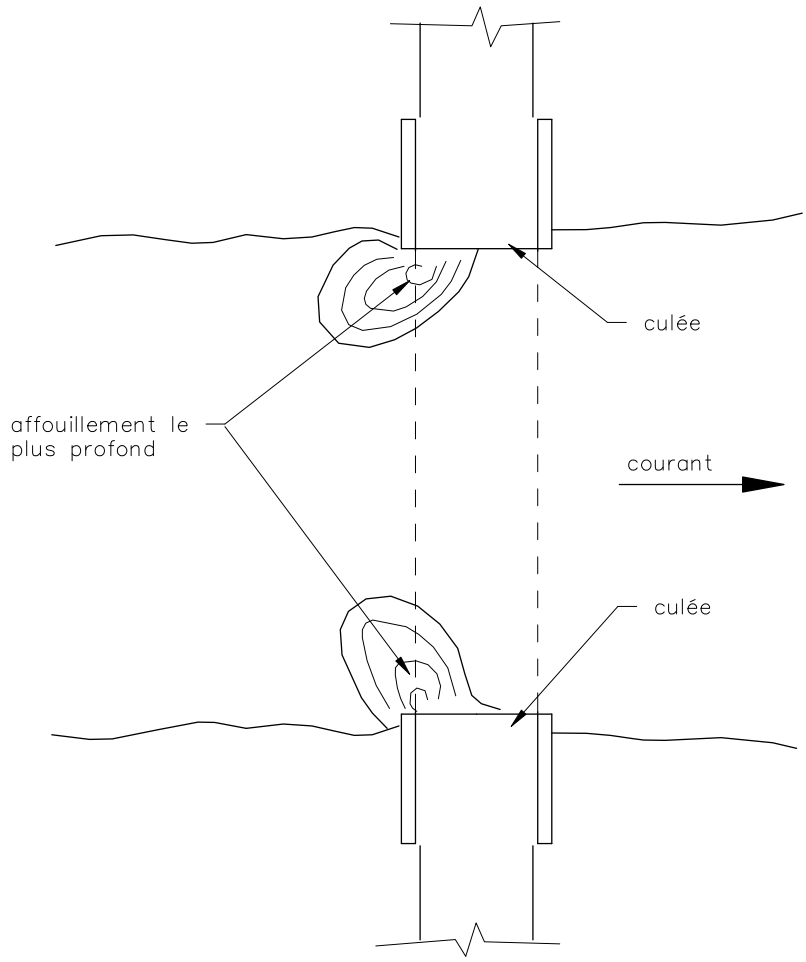


Figure 5.4-5 Affouillement local aux culées

5.4.2 La détection de l'affouillement

Lorsque des signes évidents d'affouillement ne peuvent 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 3 m 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 l'impact 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.

5.4.3 La dégradation et l'exhaussement 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.

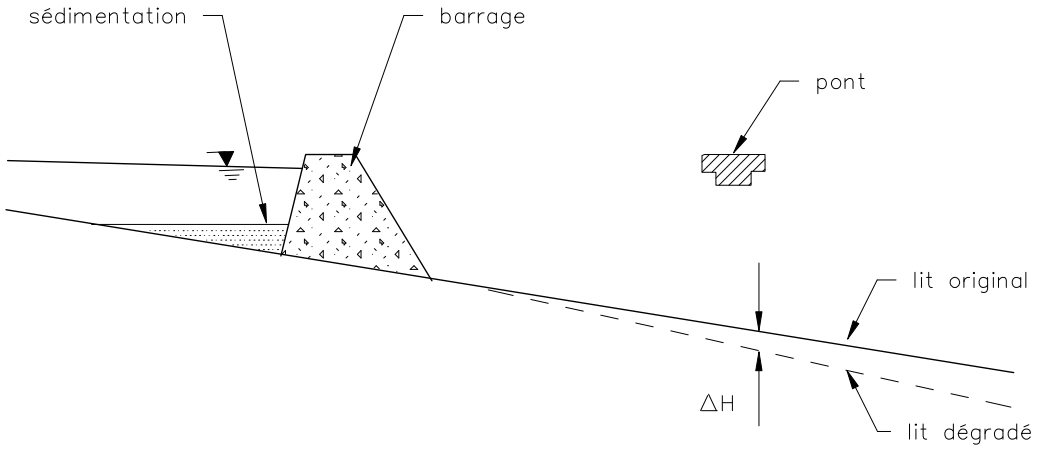
L'abaissement ou la dégradation du lit peut causer l'affouillement et mettre les structures en danger. Cette dégradation peut également provoquer l'érosion ou même l'effondrement des berges et entraîner ainsi l'élargissement de plus en plus important du cours d'eau.

L'exhaussement 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 s'exhausser :

- L'effondrement de ponts ou de barrages près du site à l'étude et autres indices reliés à l'abaissement du lit;
- 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 fait de béton ou d'autres matériaux à la structure et l'abaissement (chute) significatif du lit à l'extrémité aval;
- 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 (figure 5.4-6);
- La présence d'autres types de structures non loin du site étudié, tels des murs de soutènement, où l'on pourrait observer un abaissement du niveau du lit depuis sa construction;

- 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;
- Des traces évidentes d'exhaussement du lit, par exemple des dépôts récents de gravier ou un canal instable;
- Des traces évidentes de dégradation et d'exhaussement du lit, perceptibles sur des photographies aériennes. La dégradation du lit peut être reconnue par la présence d'érosion active le long des berges et l'exhaussement, par la présence de dépôts récents aux endroits affectés par une diminution soudaine de la vitesse d'écoulement des eaux.



NOTE
Les sédiments se déposent dans le réservoir. Le degré d'affouillement augmente en aval et le lit du cours d'eau peut être dégradé.

Figure 5.4-6 Dégradation du lit due à la présence d'un barrage

5.4.4 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 des ponts trop bas ou trop étroits 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 5.4-7).

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 dans 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 la 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 du pont et forcer la rivière à sortir de son lit mineur pour inonder le lit majeur (plaine inondable) et la route 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, tels que les propriétaires riverains, et aux représentants des ministères intéressés.

Une glace de frasil peut également se former dans des rivières à courant rapide, en aval de 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 ou les soulever graduellement.

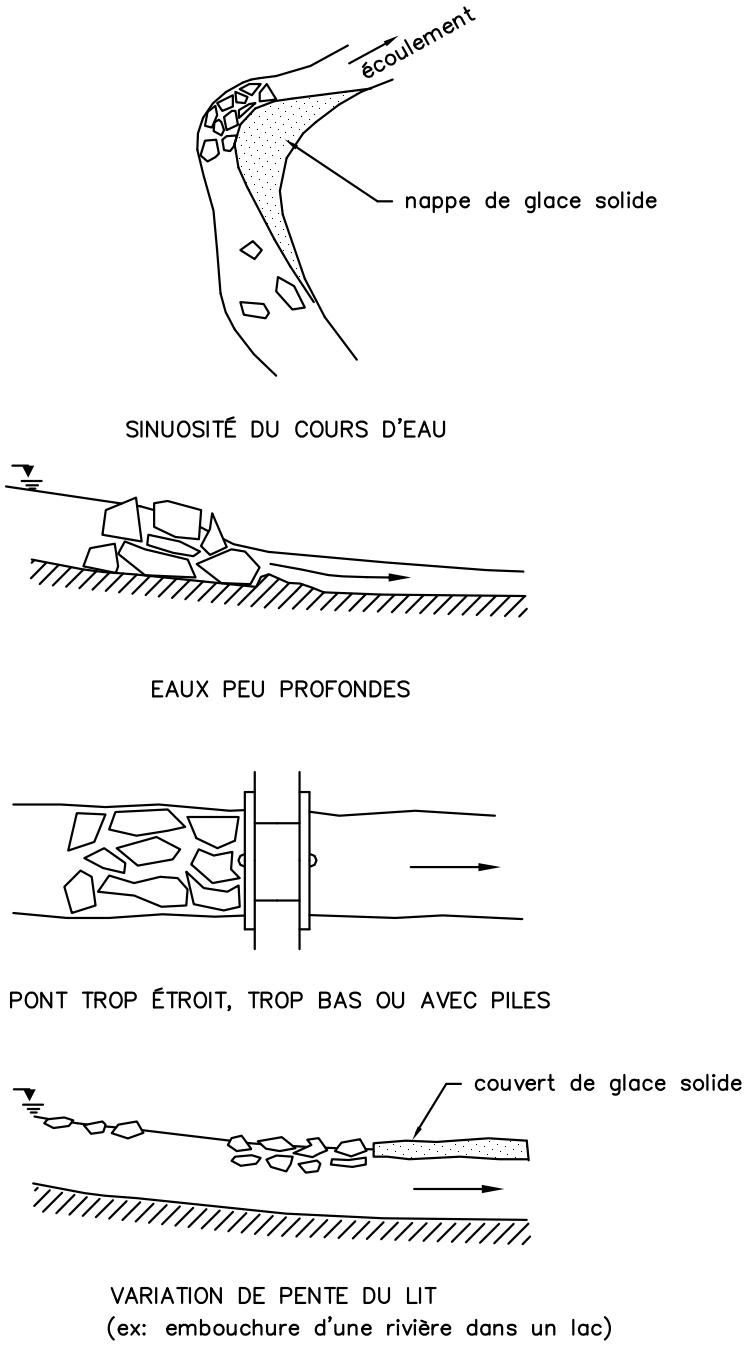


Figure 5.4-7 Localisation d'embâcles de glace

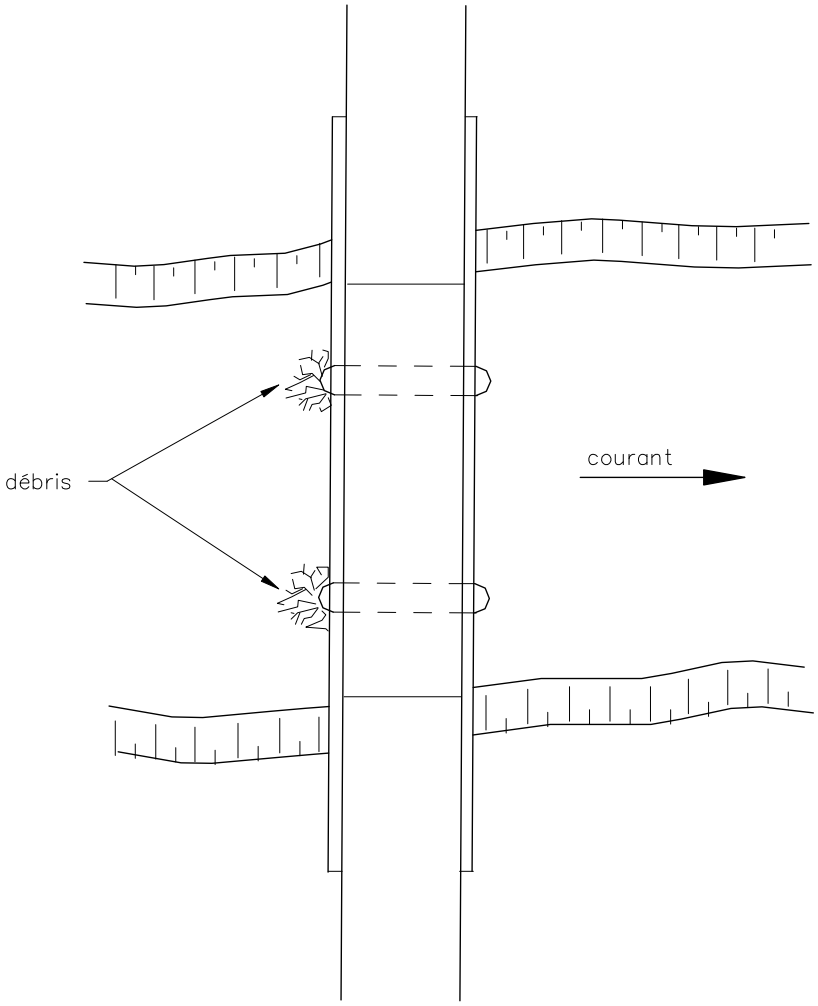
5.4.5 L'accumulation de débris

Lorsque le bassin versant connaît un fort développement du milieu urbain 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 en augmentent les dimensions et, de ce fait, causent un affouillement plus large et plus profond (figure 5.4-8).

Les barrages des castors peuvent également être une source de débris dans les cours d'eau, car ils s'effondrent fréquemment ou sont démolis par les personnes autorisées. Ils peuvent également causer des inondations assez fortes pour éroder gravement le lit des cours d'eau et emporter routes et ponceaux.



NOTE

L'accumulation de débris autour des piles augmente la dimension de la pile et cause un affouillement plus large et plus profond.

Figure 5.4-8 Débris

5.5 LA PROTECTION DU LIT

La protection du lit du cours d'eau sert principalement 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 peut être réalisée sous forme :

- d'empierrement;
- de fosse d'affouillement artificielle;
- de transition empierrée;
- de dissipateur d'énergie.

Les principaux défauts de la protection du lit sont la dégradation de l'empierrement ou la perte de matériaux qui affecte l'efficacité de la protection.

5.6 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 » du présent manuel.

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 jusqu'à une distance de 15 m à l'approche à partir de l'extrémité du tablier, comme montré à la figure 5.6-1.

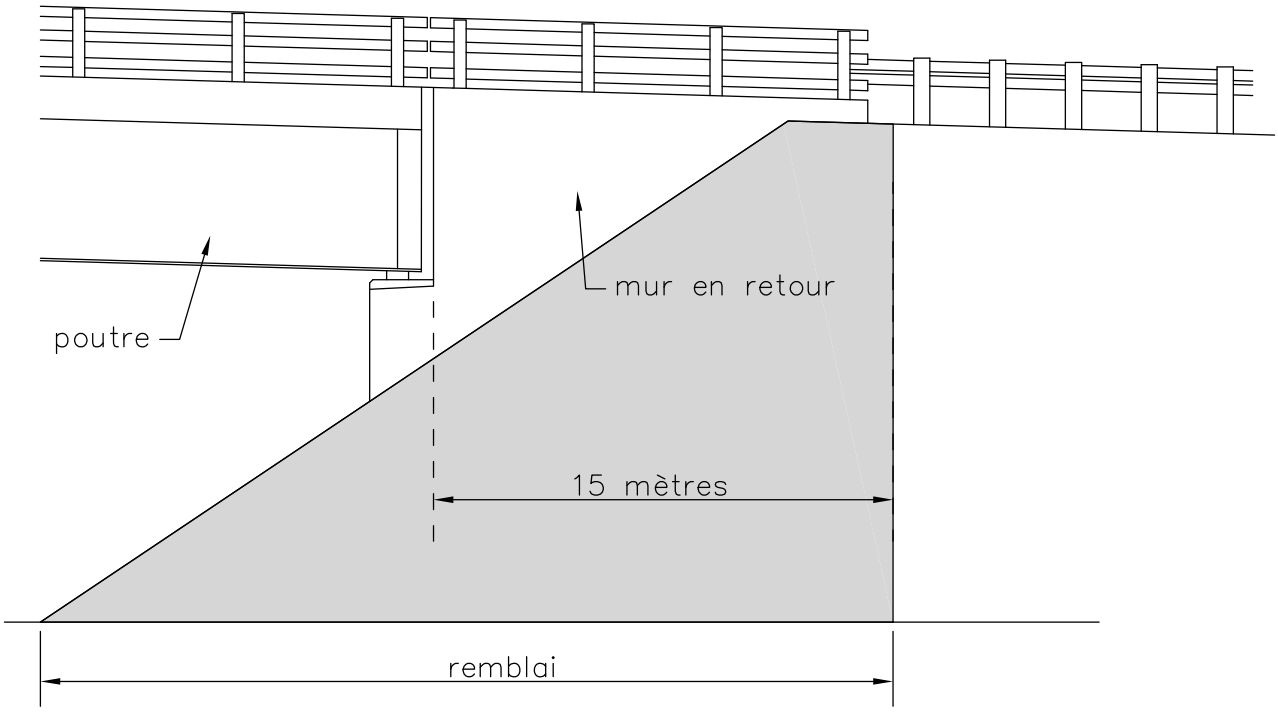


Figure 5.6-1 Localisation du remblai

Les défauts qui affectent généralement le remblai d'approche sont causés par :

- l'affouillement;
- l'érosion;
- le tassement;
- le glissement.

5.6.1 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 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.

5.6.2 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.

5.6.3 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 5.6-2).

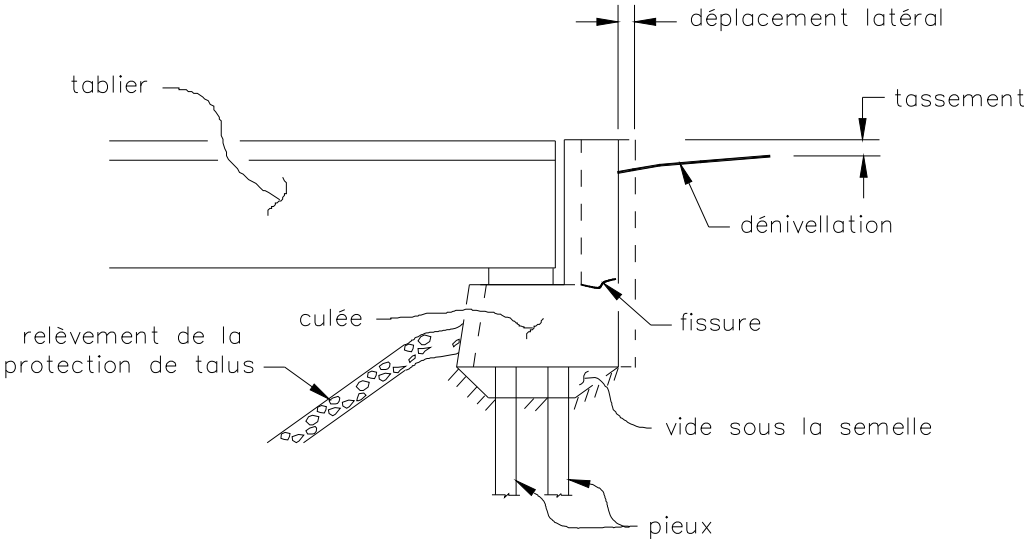


Figure 5.6-2 Le tassement du remblai d'approche

5.6.4 Le glissement

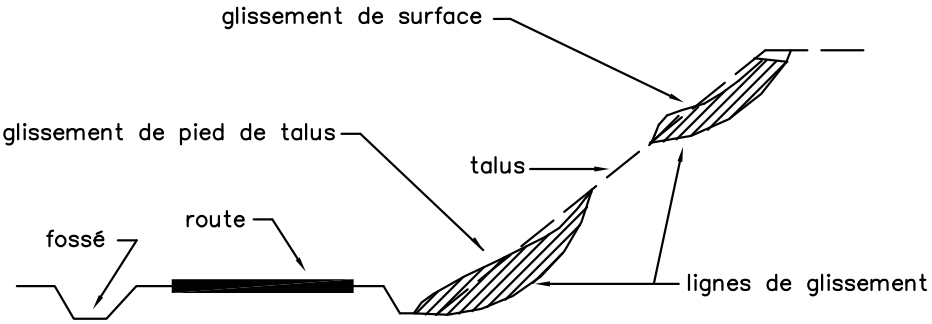
Le glissement est l'affaissement et le déplacement latéral d'une partie du remblai sous l'action de son propre poids. Il est causé par des contraintes de cisaillement trop grandes dans une zone plus faible du matériau qui compose le talus ou le remblai.

Les principaux types de glissement sont (figure 5.6-3) :

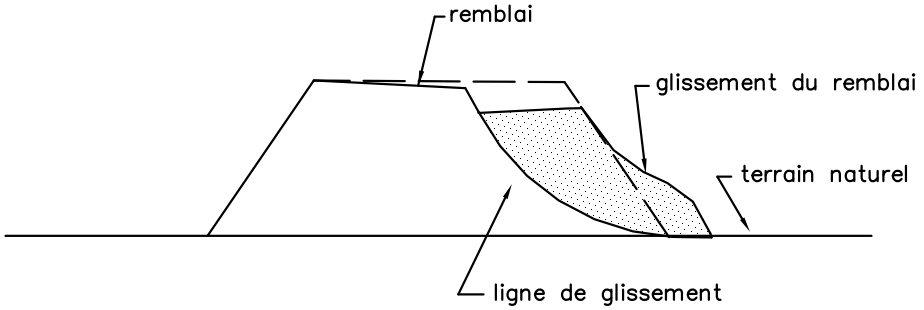
- le glissement de surface qui n'affecte qu'une partie du talus en surface;
- le glissement du pied du talus qui affecte le pied du talus;
- le glissement du talus qui affecte toute la longueur du talus sur une épaisseur limitée par la ligne de glissement.

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 une culée ayant une fondation superficielle.



GLISSEMENT DE SURFACE ET DE PIED DE TALUS



GLISSEMENT DU REMLAI

Figure 5.6-3 Types de glissement

5.7 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 enfouies sous le lit de la rivière et dans le terrain naturel et remontant généralement jusqu'au sommet du talus. La protection contre l'affouillement des berges du cours d'eau peut 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;
- la désagrégation;
- la déchirure du géotextile;
- le sectionnement des fils en acier des gabions.

5.7.1 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 est souvent une indication de son inefficacité.

5.7.2 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.

5.7.3 La déchirure du géotextile

Le géotextile est un tissu synthétique se trouvant sous les éléments de protection de talus afin de prévenir l'érosion interne du remblai. La déchirure du géotextile permet à l'eau d'entraîner les matériaux fins du remblai.

5.7.4 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.

5.8 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU

Selon le principe général du système d'évaluation de l'état, l'état des matériaux et le comportement des éléments doivent être évalués. Toutefois, comme expliqué à la section 3.7.4 du présent manuel, il y a des exceptions à ce principe et les éléments du groupe « Cours d'eau–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.

5.9 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

5.9.1 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 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 – remblai » présentés aux tableaux 5.9-1 à 5.9-4.

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. Dans le cas de défauts importants et très importants, toutes les données pertinentes pouvant être utiles à l'ingénieur responsable de l'inspection doivent être notées.

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 (CEC).

5.9.2 Évaluation du cours d'eau

Le tableau 5.9-1 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;
- l'affouillement à l'entrée ou à la sortie d'un ponceau.

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 qu'elle 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.

5.9.3 Évaluation de la protection du lit

Le tableau 5.9-2 présente les critères spécifiques d'évaluation du comportement de la protection du lit du cours d'eau. 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 les suivants :

- la perte de matériau causée par l'action du courant et des glaces affectant l'efficacité de la protection;
- les défauts de matériaux causés par l'action du courant et des glaces affectant l'efficacité de la protection.

5.9.4 Évaluation du remblai

Le tableau 5.9-3 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 tels le tassement ou le glissement.

5.9.5 Évaluation de la protection de talus

Le tableau 5.9-4 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 les suivants :

- la perte de matériaux causée par l'action du courant et des glaces affectant l'efficacité de la protection;
- les défauts de matériaux causés par l'action du courant et des glaces ou par l'affouillement du remblai d'approche affectant l'efficacité de la protection.

Tableau 5.9-1 Critères spécifiques – Comportement – Cours d'eau

Défauts de comportement observés	**Cote**			
	4	**3**	**2**	**1**
1 - Écoulement de l'eau attaquant un élément (unité de fondation, berge) et causant des dommages pouvant affecter sa stabilité	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 de la structure	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
3 - Affouillement ou **dégradation du lit** jusqu'à un niveau	S. O.	supérieur ou égal au dessus de la semelle de fondation	situé entre le dessus et le dessous de la semelle de fondation	inférieur au dessous de la semelle de fondation
4 - Affouillement à l'entrée et à la sortie d'un ponceau	aucun à léger	appréciable	important	très important

Tableau 5.9-2 Critères spécifiques – Comportement – Protection du lit (**ponceaux seulement)**

Défauts de comportement observés	**Cote**			
	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 5.9-3 Critères spécifiques – Comportement – Remblai

Défauts de comportement observés	**Cote**			
	4	**3**	**2**	**1**
1 - Perte de matériaux pouvant affecter 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 5.9-4 Critères spécifiques – Comportement – Protection de talus

Défauts de comportement observés	**Cote**			
	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 %)

5.10 EXEMPLES

5.10.1 Le cours d'eau

Exemple 1

Élément :
Cours d'eau

Défauts observés :

- Affouillement du lit jusqu'à un niveau inférieur au dessous de la semelle de fondation.

Matériau : S. O. Comportement (CEC) : 1

Exemple 2

Élément :
Cours d'eau

Défauts observés :

- Dégradation du lit jusqu'à un niveau inférieur au dessous de la semelle;
- Écoulement de l'eau attaquant la protection du talus et réduisant de façon très importante sa stabilité.

Matériau : S. O. Comportement (CEC) : 1

Exemple 3

Élément :
Cours d'eau

Défauts observés :

- Affouillement présumé du lit jusqu'à un niveau inférieur au dessous de la semelle.

Matériau : S. O. Comportement (CEC) : 1

Exemple 4

Élément :
Cours d'eau

Défauts observés :

- 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 5

Élément :
Cours d'eau

Défauts observés :

- 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 6

Élément :
Cours d'eau

Défauts observés :

- 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 7

Élément :
Cours d'eau

Défauts observés :

- Affouillement présumé inférieur au dessous de la semelle de fondation.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 1

Urgence! Action immédiate requise.

5.10.2 La protection du lit

Exemple 8

Élément :
Protection du lit

Défauts observés :

- Défaut de la protection du lit réduisant de façon très importante son efficacité.

Matériau : S. O.

Comportement (CEC) : 1

5.10.3 Le remblai

Exemple 9

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 10

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 11

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

5.10.4 La protection de talus

Exemple 12

Élément :
Protection de talus

Défauts observés :

- Protection de talus endommagée sur un seul côté affectant l'efficacité de la protection de façon appréciable.

Matériau : S. O. Comportement (CEC) : 3

Exemple 13

Élément :
Protection de talus

Défauts observés :

- 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 6-2

6.3 LA FONDATION 6-3

6.3.1 La fondation superficielle 6-3
6.3.2 La fondation profonde 6-3

6.4 LES DÉFAUTS DE LAFONDATION 6-4

6.4.1 Le tassement 6-4
6.4.2 La rupture 6-7
6.4.3 L'affouillement et l'érosion 6-10
6.4.4 La détérioration de la semelle et des pieux 6-10

6.5 L'IMPACT DES MOUVEMENTS DE LA FONDATION SUR LE TABLIER 6-13

6.5.1 La structure discontinue 6-13
6.5.2 La structure continue 6-13

6.6 LA DÉTECTION DES MOUVEMENTS DE LA FONDATION 6-17

6.7 LA CULÉE 6-18

6.7.1 Les mouvements 6-18
6.7.2 La fissuration 6-22
6.7.3 Les défauts de matériaux 6-23

6.8 LA PILE 6-28

6.8.1 Les mouvements 6-28
6.8.2 Les défauts 6-31

6.9 LES APPAREILS D'APPUI 6-32

6.9.1 Les types 6-33
6.9.2 Les défauts 6-33

6.10 LES INSPECTIONS D'AFFOUILLEMENT ET SOUS-MARINES 6-40

6.11 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU 6-40

6.12 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT 6-42

6.12.1 Général 6-42
6.12.2 Évaluation des unités de fondation 6-42
6.12.3 Évaluation des appareils d'appui 6-43

6.13 EXEMPLES 6-47

6.13.1 Unités de fondation 6-47
6.13.2 Appareils d'appui 6-57

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 6.11-1 Critères spécifiques – Matériau – Unités de fondation 6-41
Tableau 6.11-2 Critères spécifiques – Matériau – Appareils d'appui 6-41
Tableau 6.12-1 Critères spécifiques – Comportement – Unités de fondation 6-44
Tableau 6.12-2 Critères spécifiques – Comportement – Appareils d'appui 6-46

LISTE DES FIGURES

Figure 6.4-1 Tassement uniforme et différentiel 6-6
Figure 6.4-2 Tassement différentiel de la culée 6-7
Figure 6.4-3 Rupture de la fondation d'une pile 6-9
Figure 6.4-4 Rupture de la fondation d'une culée 6-10
Figure 6.4-5 Mouvements causés par la dégradation de la fondation et par le gel 6-12
Figure 6.5-1 Effet du tassement différentiel sur le tablier d'une structure discontinue 6-14
Figure 6.5-2 Effet du tassement différentiel d'une culée sur le tablier 6-15
Figure 6.7-1 Mouvements de culées limités par le tablier 6-20
Figure 6.7-2 Modification du comportement d'une culée 6-21
Figure 6.7-3 Effets des mouvements de fondation sur la culée 6-22
Figure 6.8-1 Déplacement de la pile limité par le tablier 6-30
Figure 6.8-2 Effets du déplacement d'une pile 6-30
Figure 6.9-1 L'appareil d'appui en acier à pendule 6-36
Figure 6.9-2 Effet des appareils d'appui bloqués 6-38
Figure 6.9-3 Effets des appareils d'appui bloqués 6-39

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 ci-dessous.

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance(1)**	**Quantité(2)**
Culées ou Piles	Fondation	P	S. O.
	Chevêtre	P	Surface
	Assise	P	Surface
	Bloc d'assise	P	Nombre
	Corbeau	P	Nombre
	Appareil d'appui	P	Nombre
	Butoirs	S	Nombre
Culées	Mur de front	P	Surface
	Colonne	P	Surface et nombre
	Garde-grève	S	Surface
	Mur en aile/en retour	S	Surface
Piles	Fût	P	Surface
	Colonnes/banc	P	Surface et nombre

(1) P : principal S : secondaire

(2) Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures.*

6.2 LES CHARGES

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 le tassement 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 le déplacement, le tassement différentiel, voire le renversement de l'ouvrage là où la capacité du sol est plutôt précaire.

D'autres charges sollicitent également les unités de fondation.

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 relèvement ou d'une déviation du lit du cours d'eau.

Les séismes

Les séismes peuvent provoquer le déplacement ou la rupture d'une unité de fondation. Il est à noter qu'avant 1966, la norme canadienne CAN/CSA S6 n'incluait pas les tremblements de terre dans le calcul des ponts routiers. De plus, ce n'est que depuis la parution de la norme S6-00 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.

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 (de 1,2 à 1,8 m et plus 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 LA FONDATION

La fondation est la partie de l'unité de fondation qui a pour fonction de transférer les charges qu'elle supporte au sol. La fondation est composée de l'élément d'assise (semelle, pieux, caisson, piédestal) et de la portion de sol située directement en dessous ou autour de lui. On distingue deux types de fondations :

- la fondation superficielle;
- la fondation profonde.

6.3.1 La fondation superficielle

La fondation est superficielle lorsque les charges sont transmises au sol ou au roc par une semelle implantée près de la surface du terrain naturel. Lorsque la semelle repose sur le sol, celui-ci doit avoir une capacité portante suffisante afin de limiter le tassement à des valeurs acceptables, car ce déplacement peut entraîner des problèmes majeurs dans les ouvrages qu'il supporte.

6.3.2 La fondation profonde

La fondation est qualifiée de profonde lorsque les charges sont transmises au sol ou au roc par une semelle supportée par des pieux enfoncés ou forés dans le sol ou ancrés dans le roc. Elle est utilisée lorsque la couche supérieure du sol n'a pas la capacité nécessaire pour supporter les charges imposées. Celles-ci doivent alors être reprises par les couches plus profondes du sol.

La capacité portante des pieux peut être atteinte par frottement latéral, par transmission de la charge à la pointe ou par une combinaison de ces deux modes.

Les types de pieux utilisés le plus fréquemment sont :

- les pieux en acier;
- les pieux en bois;
- les pieux préfabriqués en béton;
- les pieux caissons;
- les pieux en béton à base élargie.

6.4 LES DÉFAUTS DE LAFONDATION

Les défauts de la fondation sont :

- le tassement;
- la rupture;
- l'affouillement et l'érosion;
- la détérioration de la semelle et des pieux.

La principale fonction d'une unité de fondation est de pouvoir supporter les charges imposées sans mouvement appréciable, car un mouvement important peut entraîner des dommages considérables à la structure qu'elle supporte.

Les petits mouvements de fondation ne produisent habituellement pas de dommages. Les structures d'une travée simple ou celles 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).

6.4.1 Le tassement

Le tassement du sol de la fondation peut survenir de façon uniforme ou différentielle. Le tassement uniforme est le déplacement vertical graduel du sol sous l'action des charges. Le tassement différentiel est un tassement qui n'est pas uniforme et qui, lorsqu'il affecte la fondation, se traduit par un mouvement de rotation de l'unité de fondation (figure 6.4-1).

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. Il est aussi amplifié par le fluage du matériau sous l'action de ces mêmes charges.

Le tassement différentiel est causé par la variation d'intensité des contraintes appliquées au sol, par la variation de la capacité portante du sol ou par la variation de l'épaisseur de la couche de sol affectée par le tassement. 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 à l'épaisseur de la couche de sol sollicitée, car plus cette épaisseur est grande, plus le tassement est important. Le tassement différentiel est le défaut de fondation le plus courant et le plus susceptible de lui causer des dommages.

Le tassement différentiel se produit, par exemple, lorsque des contraintes plus intenses du côté avant que du côté arrière de l'ouvrage provoquent le tassement de sa partie avant comme montré à la figure 6.4-1. Les contraintes produites sur le sol par une culée sont toujours plus grandes du côté avant de l'ouvrage que du côté arrière. Le tassement produit par ces contraintes est donc toujours plus grand du côté avant de l'ouvrage. Ce type de tassement différentiel produit un mouvement de rotation qui va dans le sens du renversement de l'unité de fondation.

Le tassement différentiel peut également se produire lorsque l'épaisseur de la couche de sol affectée par le tassement varie (figure 6.4-2). Ce type de tassement provoque des fissures verticales dans l'unité de fondation affectée. Il entraîne aussi des efforts de torsion dans le tablier et des fissures dans la dalle. Ce mouvement produit aussi des efforts qui favorisent le glissement latéral des appareils d'appui.

La semelle qui sollicite une couche de sol d'épaisseur variable produit un tassement plus grand là où la couche est plus épaisse parce que le tassement est directement proportionnel à l'épaisseur de la couche.

Dans les sols granulaires, comme le sable et le gravier, il n'y a habituellement pas beaucoup de vides et, à cause de leur perméabilité, l'air ou l'eau qui les remplissent peuvent être expulsés rapidement par la pression de la semelle ou du remblai. Dans ces matériaux, les tassements sont donc généralement petits et se produisent au fur et à mesure de la mise en charge.

À l'inverse, les sols cohésifs, comme l'argile et le silt argileux, contiennent normalement beaucoup 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 de la semelle ou du remblai et implique habituellement des tassements importants.

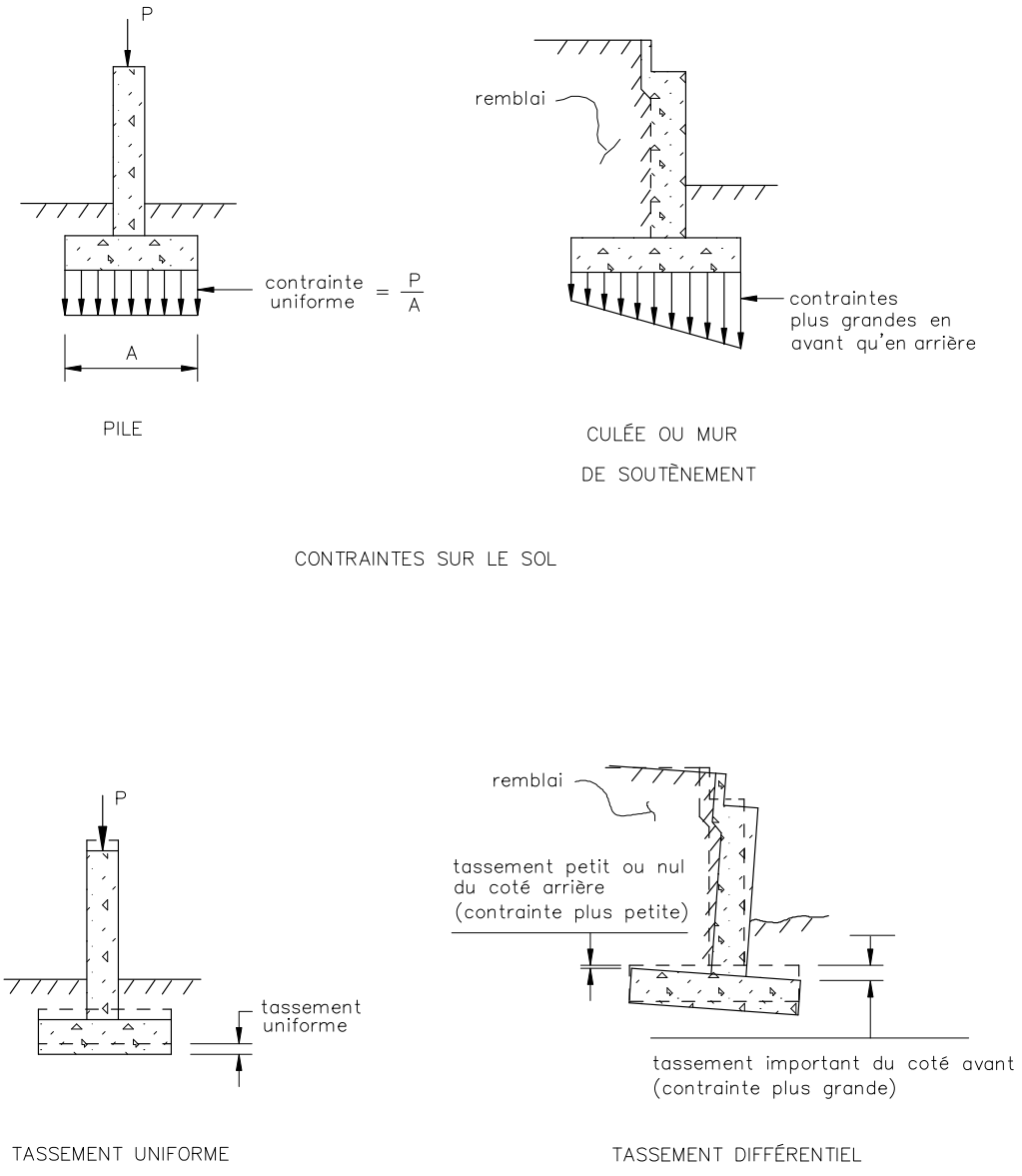


Figure 6.4-1 Tassement uniforme et différentiel

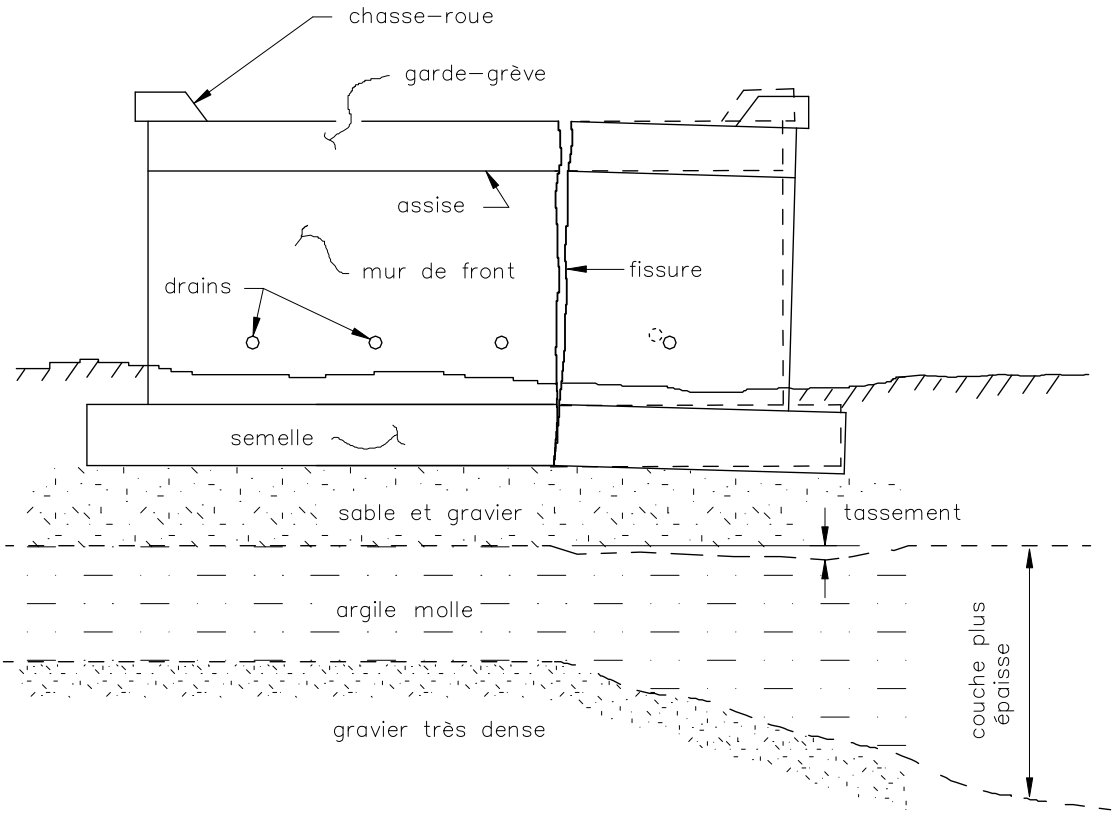


Figure 6.4-2 Tassement différentiel de la culée

6.4.2 La rupture

La rupture de la fondation est l'affaissement du sol et des ouvrages qu'il supporte, causé par des contraintes de cisaillement dépassant la résistance du sol. La rupture du sol est amorcée par un déplacement qui se produit le long d'un arc de cercle appelé ligne de rupture et qui correspond, compte tenu de la surcharge, 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 la fondation. La figure 6.4-3 montre la rupture de la fondation d'une pile. Bien que ce défaut affecte rarement les structures, il n'en demeure pas moins que la rupture de la fondation mène à la ruine d'un ouvrage.

Dans le cas d'une culée, la rupture de la fondation est favorisée par la proximité du talus. Cette proximité fait que le mouvement du sol peut se produire dans le même sens que la pression exercée par la semelle comme montré à la figure 6.4-4.

Les sols granulaires ont une bonne résistance au cisaillement et à la rupture. En effet, sous l'action de la pression, les grains qui composent les sols granulaires s'entrecroisent et s'accrochent les uns aux autres, ce qui les empêche de se déplacer. Cette résistance est d'autant plus grande que ces matériaux contiennent très peu de vides, c'est-à-dire d'endroits qui n'offrent pas de résistance au déplacement, parce que les grains plus petits comblent les vides entre les plus gros.

Les sols cohésifs, quant à eux, offrent peu de résistance au cisaillement. Cette résistance augmente cependant avec la consolidation, c'est-à-dire avec la diminution de la quantité d'eau que le sol contient et le réarrangement des particules argileuses.

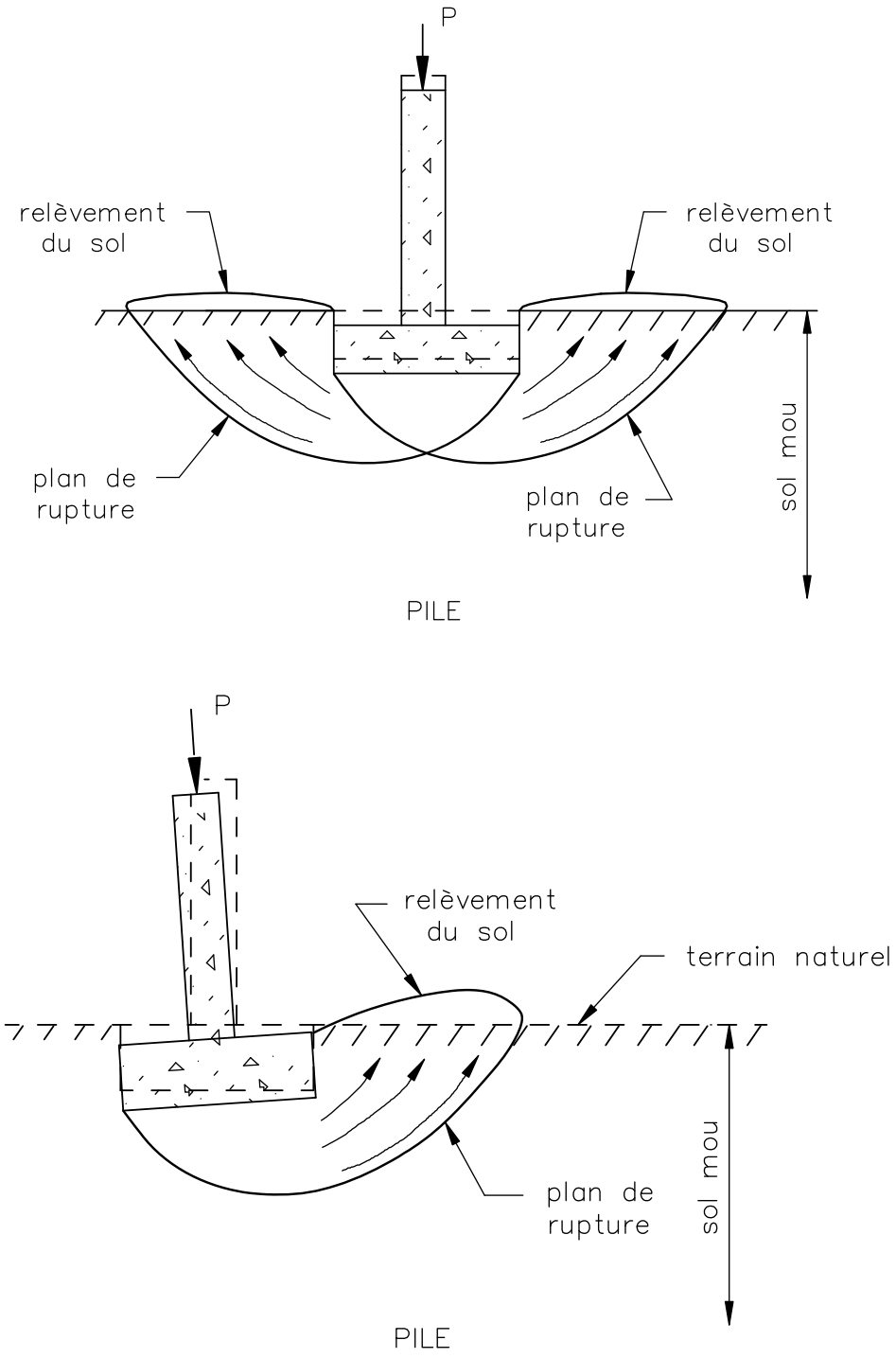


Figure 6.4-3 Rupture de la fondation d'une pile

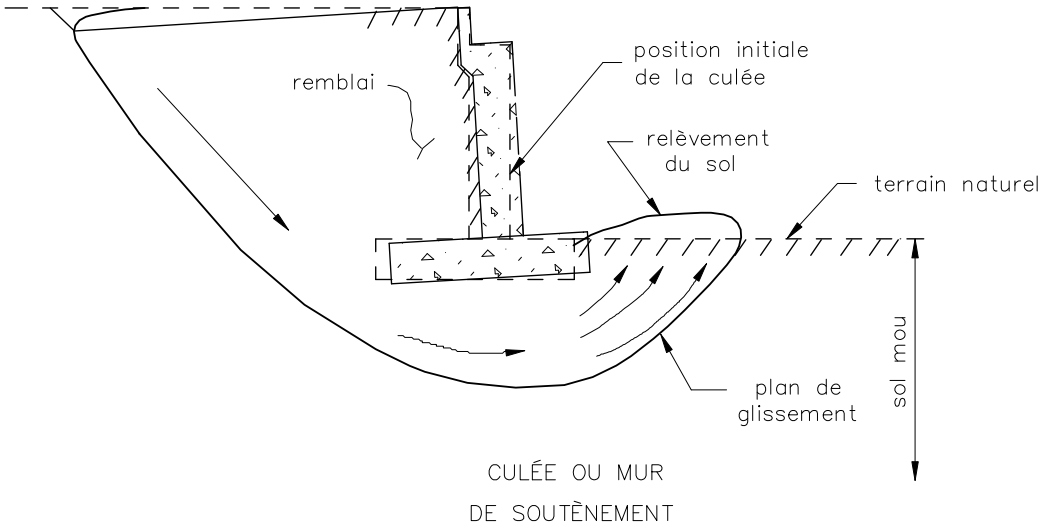


Figure 6.4-4 Rupture de la fondation d'une culée

6.4.3 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, détruit une partie du support de la semelle et entraîne une augmentation des contraintes sur la partie sollicitée du sol de fondation, ce qui provoque généralement le tassement différentiel et un mouvement de rotation qui va dans le sens du 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 très importante de matériaux autour des pieux pourrait diminuer leur capacité portante et même provoquer un élancement critique de ces pièces.

6.4.4 La détérioration de la semelle et des pieux

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 le béton des surfaces exposées à l'action du courant;
- les fissures verticales.

La détérioration des matériaux constituant la semelle entraîne une diminution de sa largeur et des contraintes plus grandes sur la partie sollicitée du sol de fondation, ce qui peut provoquer le tassement différentiel et un mouvement de rotation allant dans le sens du renversement de l'unité de fondation.

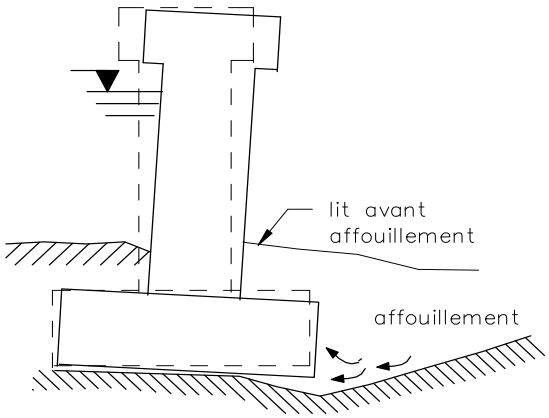
Les défauts de matériaux de la semelle peuvent aussi endommager la surface d'appui des pieux et même dégager complètement leur tête, réduisant ainsi la capacité de support de la fondation.

La détérioration des pieux

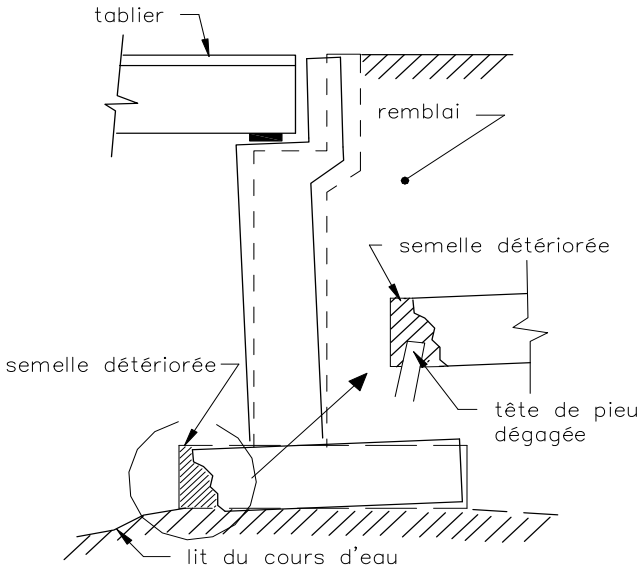
La partie exposée des pieux en bois, en acier ou en béton peut être endommagée par les débris et les glaces. Elle peut aussi être endommagée par la pourriture, la corrosion ou les défauts du béton lorsqu'elle est située au-dessus de la nappe phréatique ou exposée à des cycles de séchage et de mouillage. Ces dommages diminuent la capacité portante des pieux.

Les défauts de construction des pieux, tels que leur endommagement lors de l'enfoncement, l'insuffisance d'enfoncement ou le mauvais remplissage de béton, diminuent leur capacité portante et peuvent être à l'origine du déplacement d'une unité de fondation.

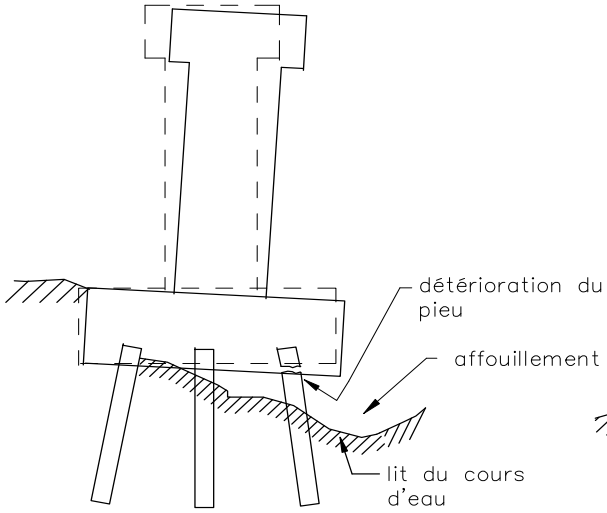
La figure 6.4-5 montre les mouvements dus à la dégradation de la fondation et au gel du sol.



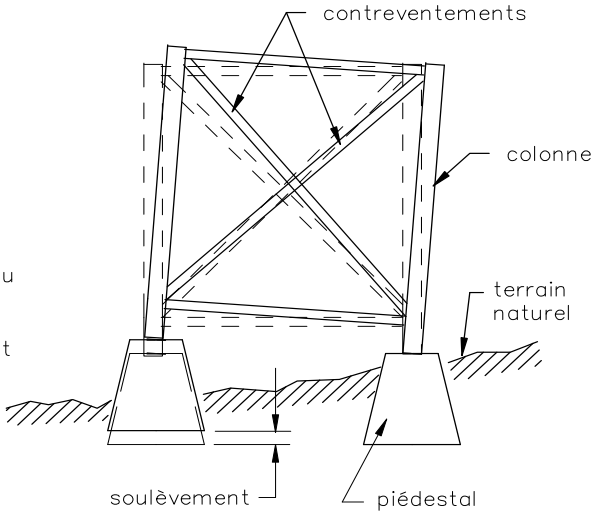
AFFOUILLEMENT D'UNE PILE



DÉTÉRIORATION DE LA SEMELLE



DÉTÉRIORATION DES PIEUX



SOULÈVEMENT D'UN PIÉDESTAL PAR LE GEL

Figure 6.4-5 Mouvements causés par la dégradation de la fondation et par le gel

6.5 L'IMPACT DES MOUVEMENTS DE LA FONDATION SUR LE TABLIER

Tous les mouvements de la fondation décrits précédemment ont un impact sur le comportement de la structure (culée, pile, appareil d'appui, tablier). Cependant, le tassement différentiel est le défaut le plus courant et il est également le plus susceptible de causer des dommages aux divers éléments du tablier.

6.5.1 La structure discontinue

La structure discontinue, c'est-à-dire celle qui comporte un joint de tablier vis-à-vis des unités de fondation, est habituellement peu affectée par le tassement différentiel, sauf lorsqu'il est très important. Les joints permettent aux mouvements de se produire sans causer de dommages qui pourraient affecter l'intégrité de la structure (figure 6.5-1). Toutefois, le relèvement des assises du tablier et la réfection des joints de dilatation peuvent devenir nécessaires.

Dans le cas des ponts acier-bois, les mouvements des caissons à claire-voie peuvent être tolérés jusqu'à un certain point, car la flexibilité du bois fait que les pièces qui constituent les caissons et le plancher du tablier peuvent s'adapter à des déplacements sans causer de dommages à l'ensemble de la structure.

6.5.2 La structure continue

La structure continue peut être très affectée par le tassement différentiel, car le déplacement vertical non uniforme des appuis de la structure implique nécessairement une distribution des efforts à des endroits qui ne sont pas prévus pour les supporter. Les efforts prévus peuvent être complètement inversés vis-à-vis de certains points d'appui si le déplacement de ces derniers est important, ce qui peut donc influencer grandement la résistance de la structure.

Le tassement différentiel d'une culée par rapport aux autres éléments de la structure provoque un accroissement des efforts de traction, donc le développement de fissures, dans la partie supérieure des éléments du tablier situés immédiatement au-dessus de la pile la plus rapprochée. L'importance de l'accroissement des efforts de traction et des fissures dépend de l'ampleur du tassement de la culée par rapport à la pile adjacente (figure 6.5-2).

Le tassement différentiel d'une pile produit des efforts de traction et des fissures dans la partie inférieure des éléments du tablier situés immédiatement au-dessus de la pile affectée par le mouvement (figure 6.5-3). L'importance des efforts de traction et des fissures est aussi fonction de l'ampleur du tassement de la pile par rapport aux 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 sur le tablier sont alors semblables à ceux produits par le tassement différentiel.

Ces mouvements de culées provoquent aussi la fermeture ou la trop grande ouverture des joints de dilatation.

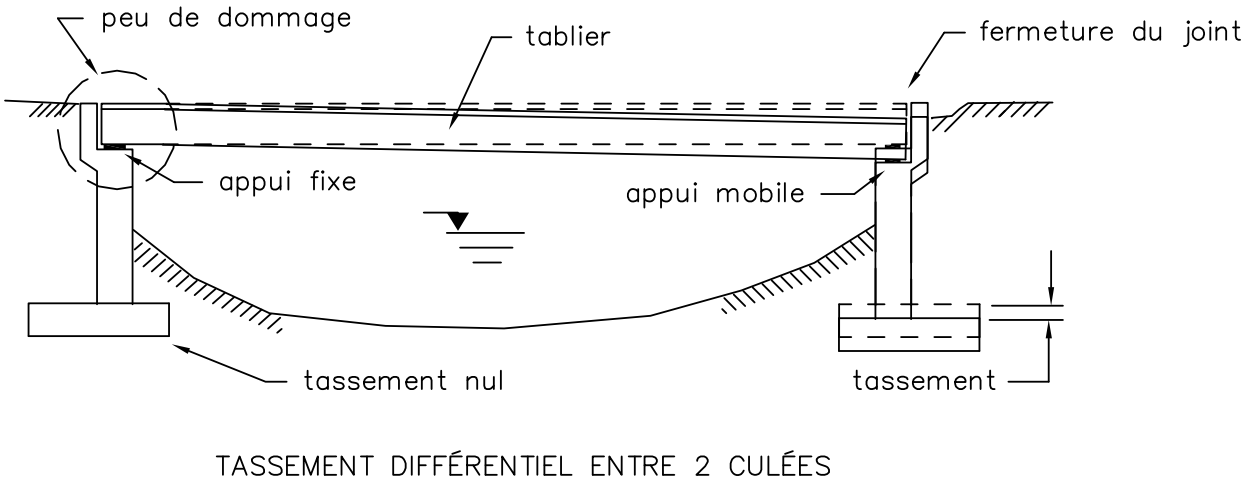
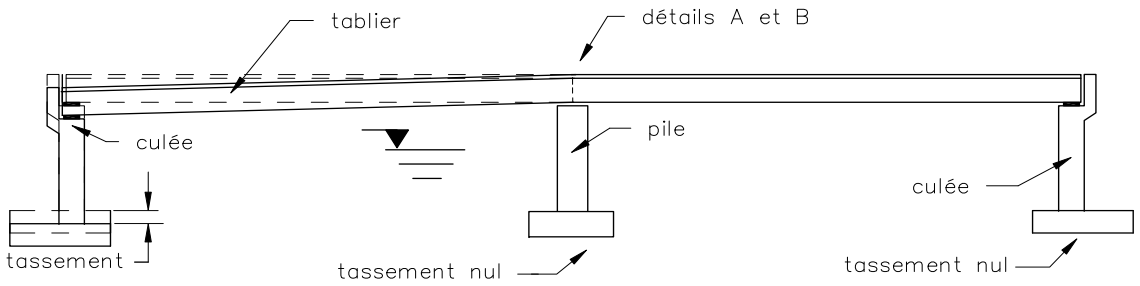
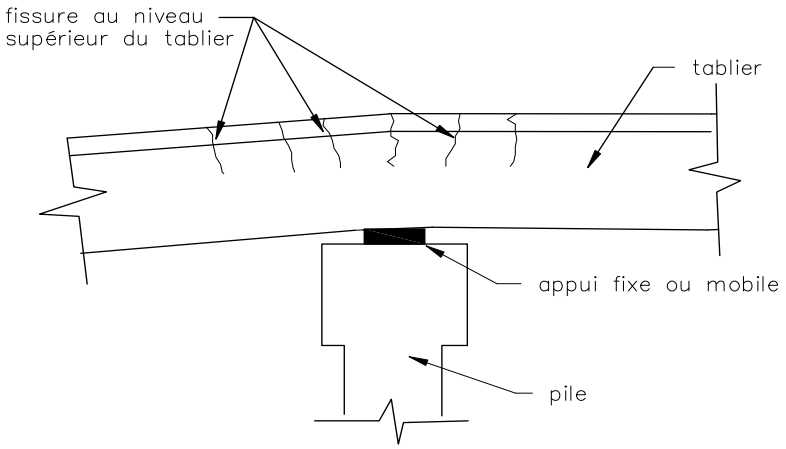


Figure 6.5-1 Effet du tassement différentiel sur le tablier d'une structure discontinue

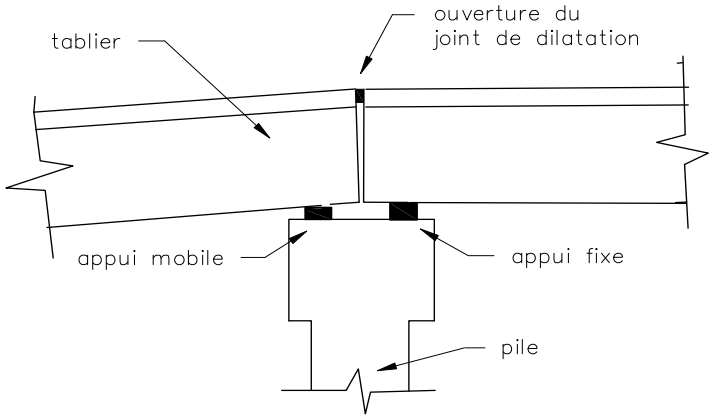


STRUCTURE CONTINUE OU DISCONTINUE



STRUCTURE CONTINUE

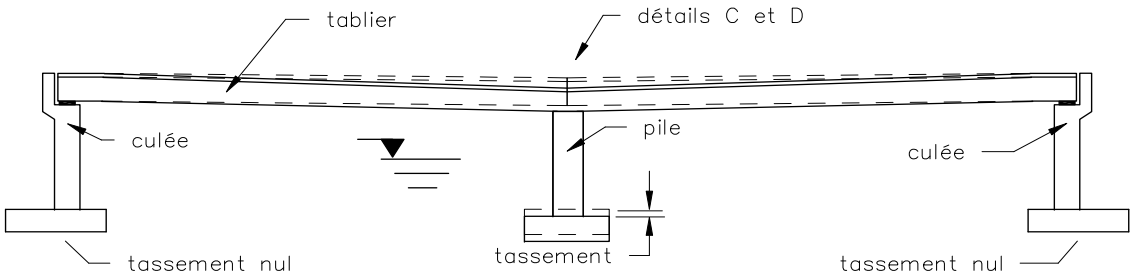
DÉTAIL A



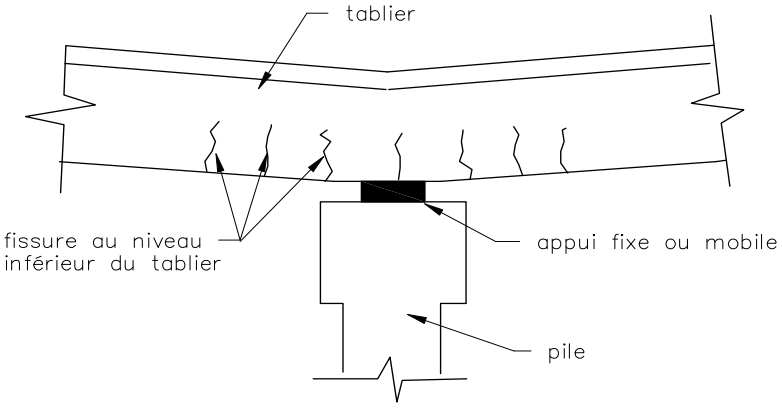
STRUCTURE DISCONTINUE

DÉTAIL B

Figure 6.5-2 Effet du tassement différentiel d'une culée sur le tablier

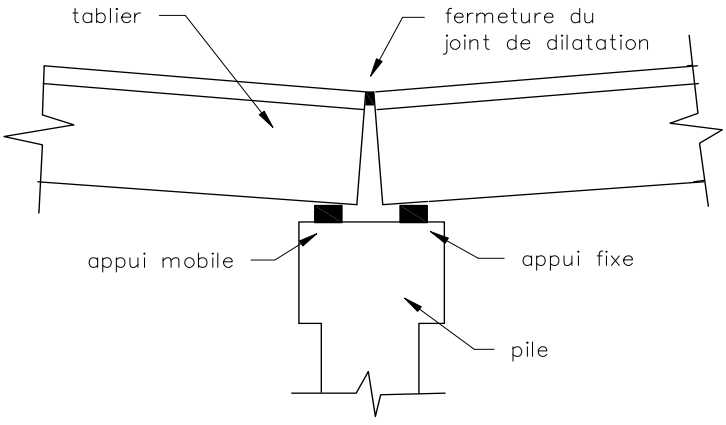


STRUCTURE CONTINUE OU DISCONTINUE



STRUCTURE CONTINUE

DÉTAIL C



STRUCTURE DISCONTINUE

DÉTAIL D

Figure 6.5-3 Effet du tassement différentiel d'une pile sur le tablier

6.6 LA DÉTECTION DES MOUVEMENTS DE LA FONDATION

Les mouvements de la fondation peuvent souvent être détectés lors de l'inspection en observant la structure de manière à découvrir 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. Toute déviation ou incompatibilité peut être la conséquence de mouvements au niveau des unités de fondation.

Une déviation dans l'alignement du dispositif de retenue ou d'un chasse-roue indique le déplacement latéral d'une pile, de même qu'une dépression dans le profil du tablier peut être la conséquence d'un tassement sous l'unité de fondation.

La position anormale des appareils d'appui mobiles de même qu'un joint de dilatation anormalement fermé ou ouvert peuvent être le signe d'un mouvement de la fondation ou du tablier. Dans le cas des appuis à pendule, 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 sont d'autres indices qui témoignent d'un déplacement de la culée.

Des fissures verticales dans la semelle et dans le mur d'une culée ou à l'intersection du mur en aile ou en retour avec le garde-grève sont des signes habituels d'un tassement longitudinal de l'unité de fondation.

Les fissures au niveau de la dalle de même que le flambement ou les déformations, tant au niveau des éléments principaux que secondaires du tablier, peuvent aussi être causés par le déplacement des unités de fondation.

Pour les structures plus à risque, la méthode la plus efficace pour détecter les tassements, et plus spécialement les tassements différentiels, consiste à effectuer un relevé de niveau régulièrement des deux côtés du tablier et de comparer les résultats. Ce type de contrôle permet aussi de suivre l'évolution de la flèche d'un tablier. Lorsque les appareils d'appui sur une pile sont mobiles, le déplacement de cette pile peut être détecté en relevant la position du joint du tablier par rapport au centre du chevêtre ou en comparant la position des appareils d'appui à ce moment avec leur position théorique. Lorsque les appareils d'appui sur la pile sont fixes, le mouvement de cette pile peut être détecté en relevant la position de l'ensemble des appareils d'appui de la structure influencée par la position de la pile. La verticalité d'une pile peut aussi être vérifiée à l'aide d'un fil à plomb ou mieux à l'aide d'un théodolite. Ces relevés peuvent être effectués régulièrement de manière à pouvoir comparer les résultats. Ces vérifications peuvent aussi être effectuées pour les culées.

6.7 LA CULÉE

La grande majorité des culées existantes sont des culées poids ou des culées en porte-à-faux. Les culées peuvent être construites en béton armé, en acier, en bois, en maçonnerie ou avec une combinaison de ces matériaux.

La fondation des culées est généralement superficielle, mais elle peut également être profonde. La semelle de la fondation se situe habituellement un peu plus bas que le terrain naturel ou que le lit de la rivière. Les culées doivent donc être conçues pour retenir la hauteur complète du remblai d'approche de la structure. Les culées peuvent être de différentes configurations, qu'elles soient creuses, sur colonnes ou sur remblai.

Les ponts à béquilles en béton armé, dont les travées d'approche sont en porte-à-faux, les ponceaux rectangulaires en béton armé, les ponceaux circulaires, elliptiques ou arqués en acier ainsi que les ponceaux voûtés en béton armé ou en acier sont des ouvrages qui ne comportent pas de culées.

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 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. Les murs en aile sont habituellement des murs de soutènement ayant leur propre fondation. Les murs en retour longs sont aussi conçus comme un mur de soutènement, mais lorsqu'ils ont une longueur inférieure à 7 m, ils sont habituellement retenus en porte-à-faux par le mur de front de la culée.

6.7.1 Les mouvements

Les culées peuvent être affectées de défauts reliés au matériau qui les constitue, mais elles subissent également les effets des mouvements de leur fondation. Ainsi, il est possible d'observer au niveau de ces éléments des déplacements verticaux ou latéraux ou des mouvements de rotation.

Le mouvement de rotation qui mène au renversement de la culée ne se produit pas habituellement parce qu'il est empêché par la butée du garde-grève contre le tablier de la structure. En effet, pour que la rotation puisse mener au renversement, il faudrait que le garde-grève se sépare de la culée ou que le tablier de la structure cède sous la pression, ce qui est très peu probable, car les efforts engendrés par le mouvement de rotation dans ces éléments sont habituellement trop faibles pour provoquer de tels dommages.

Le déplacement et le tassement différentiel sont les mouvements qui affectent le plus souvent les culées. Des problèmes de surcharge dus à des matériaux de remblayage difficiles à drainer ou à un mauvais drainage sont souvent à l'origine de ces défauts. Pour les culées supportées par des pieux, le tassement de la fondation engendre des charges additionnelles sur ces derniers.

Lorsque ces mouvements ont pour effet de déplacer la partie supérieure de la culée vers la structure, ils sont souvent limités par le garde-grève qui bute contre la structure. Cette observation, qui ne peut être faite que du côté de l'appui mobile de la structure, ne permet pas de déterminer la contribution au mouvement qui doit être attribuée à chacune des deux culées de la structure puisqu'elle est la somme du mouvement produit par chacune d'elles. La figure 6.7-1 montre les mouvements de culées limités par le tablier de la structure.

Lorsque le garde-grève bute contre la structure, les culées ne peuvent plus se déplacer, l'appui mobile de la structure devient un appui fixe et le mur de front de la culée, prévu pour supporter les charges en porte-à-faux, devient une dalle épaisse disposée verticalement, supportée à sa partie supérieure par le tablier de la structure et à sa base par la semelle de la culée. La figure 6.7-2 montre la modification du comportement d'une culée lorsque le garde-grève bute contre le tablier. Cette configuration, ajoutée à la pression exercée par la dilatation de la structure, entraîne aussi des efforts de flexion et de cisaillement dans le garde-grève au niveau de l'assise des poutres. Ces efforts peuvent alors provoquer des fissures importantes et même endommager considérablement le garde-grève et l'assise (figure 6.7-3).

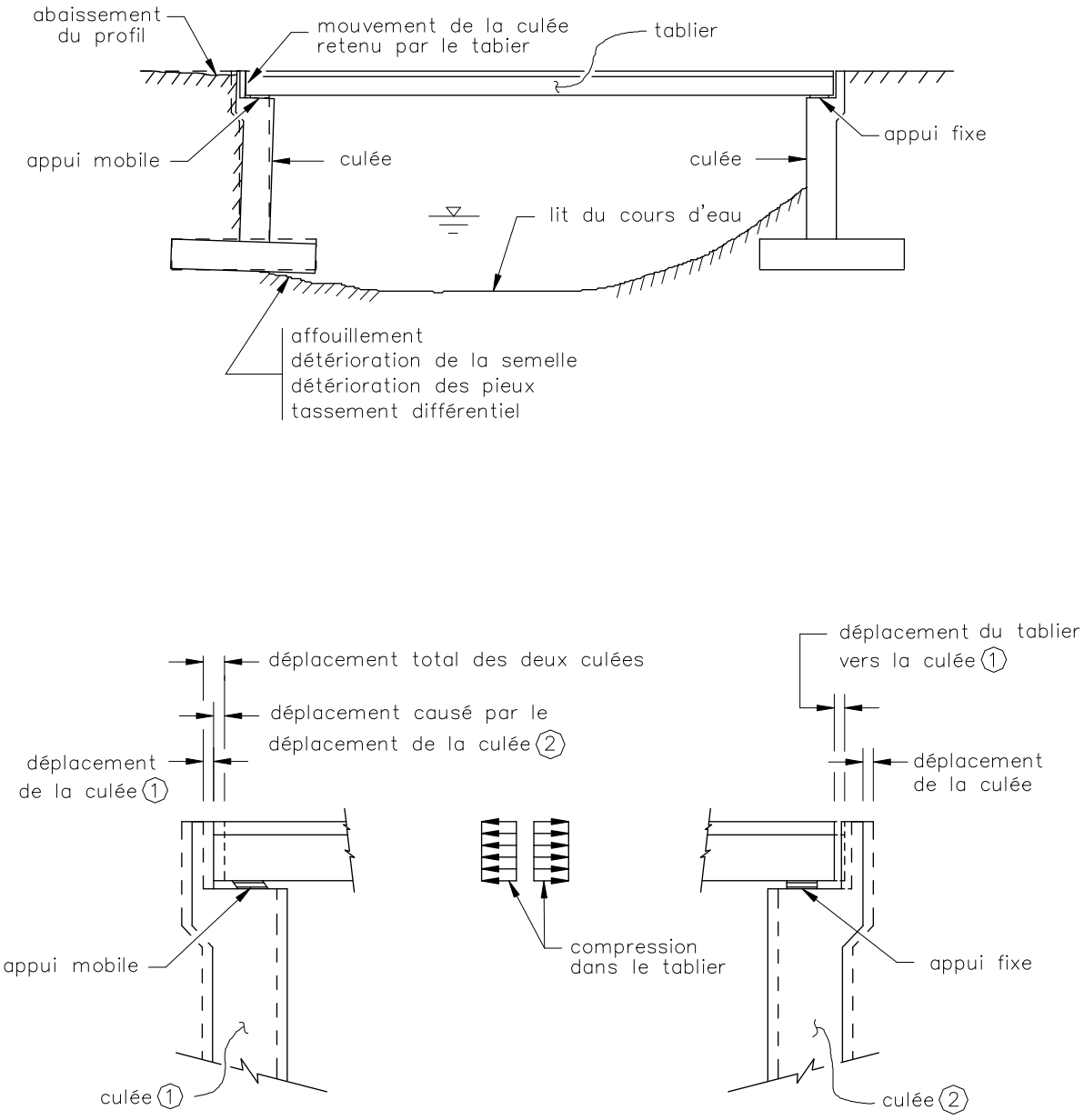


Figure 6.7-1 Mouvements de culées limités par le tablier

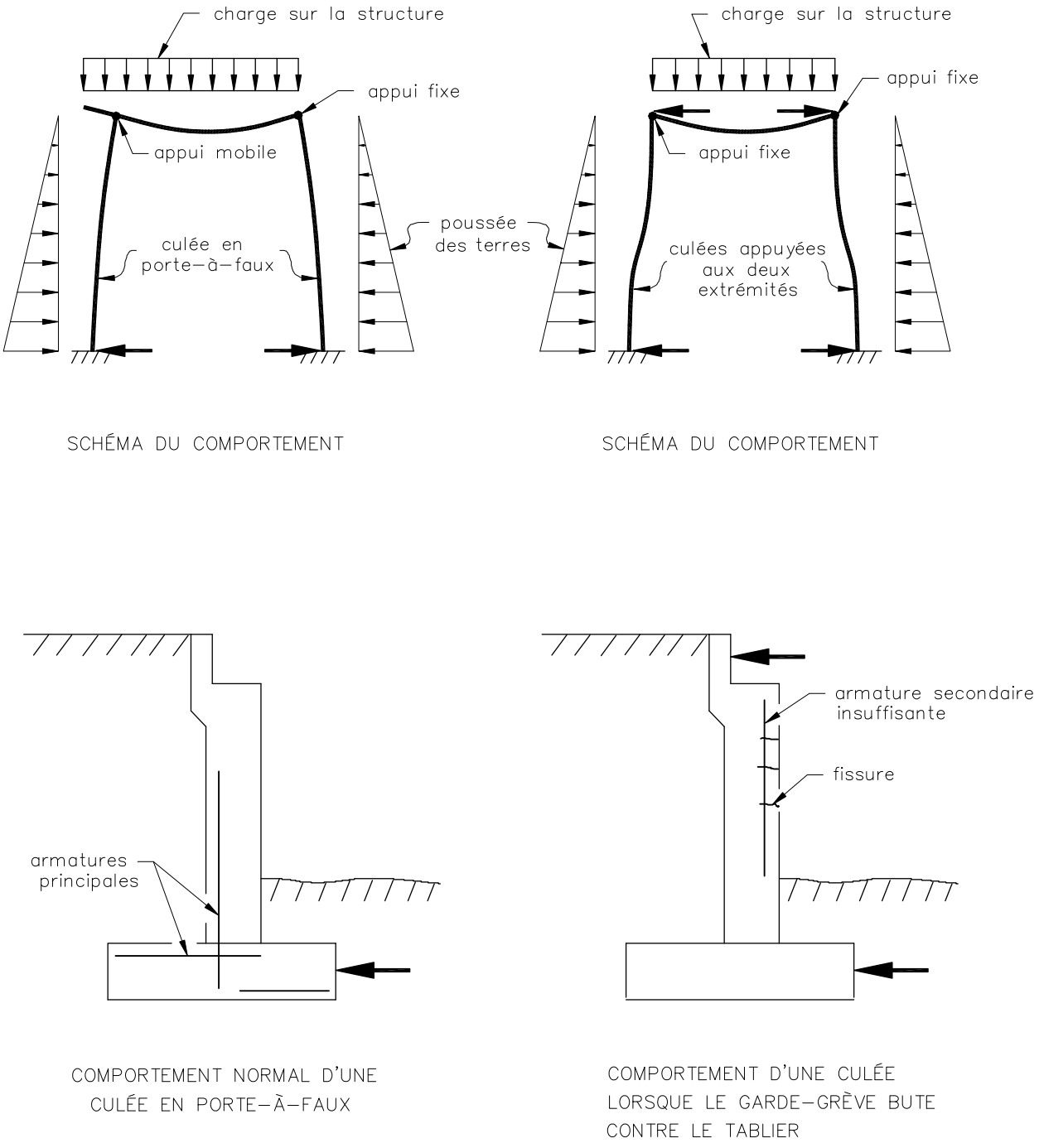


Figure 6.7-2 Modification du comportement d'une culée

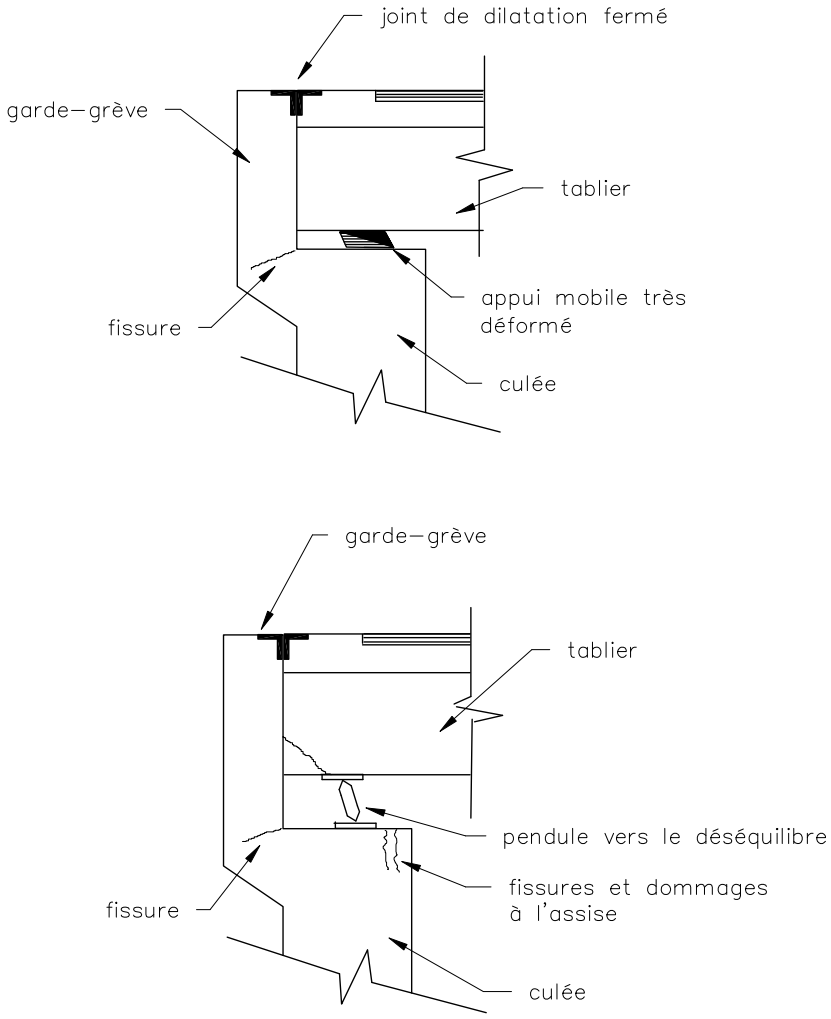


Figure 6.7-3 Effets des mouvements de fondation sur la culée

6.7.2 La fissuration

Les divers éléments des culées peuvent également être affectés par la fissuration. Comme il a été vu à la section précédente, les mouvements de la fondation peuvent causer de la fissuration. En effet, 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, le mur de front et même dans la semelle de la culée.

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 tandis que celui qui est en contact avec le remblai demeure toujours humide. Dans ces conditions, le retrait peut provoquer des fissures dans le mur.

De plus, 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. Cette considération fait que le mur de front de la culée peut être 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. Il est donc possible que des fissures verticales se développent sur la face avant de ces culées.

Le tassement des murs en aile ou des murs en retour peut également occasionner des contraintes de traction non prévues et par conséquent des fissures à leur jonction avec le mur de front de la culée.

6.7.3 Les défauts de matériaux

Les culées peuvent être affectées par les défauts reliés au matériau qui les constitue. Ainsi, les défauts du béton, de l'acier, du bois et de la maçonnerie qui sont décrits dans le chapitre 4 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.

Mur de front et béquille de portique en béton

Le mur de front se trouve à la face avant de la culée, et, comme la béquille du portique, il supporte le tablier et assure le soutènement des terres du remblai.

Les défauts qui peuvent avoir une incidence sur le comportement de ces éléments sont les suivants :

- les défauts du béton tels la désagrégation, la corrosion des armatures, le délaminage et l'éclatement affectant surtout des surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglaçage qui proviennent d'un joint de dilatation non étanche;
- les fissures verticales dans une semelle se prolongeant dans le mur de front d'une culée ou dans la béquille, produites par le tassement du sol sous la fondation;
- les fissures horizontales larges dans le mur de front d'une culée ou dans 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.

Mur de front 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.

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 béton tels la désagrégation, la corrosion des armatures, le délaminage et l'éclatement affectant surtout des surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglaçage 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.

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. 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 béton tels la désagrégation, la corrosion des armatures, le délaminage et l'éclatement affectant surtout des surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglaçage 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.

Banc en acier ou en bois

Les défauts qui peuvent avoir une incidence sur le comportement du banc en acier sont les suivants :

- les profilés endommagés par la corrosion affectant :
  - la base des colonnes,
  - la partie des pieux située dans la zone de fluctuation du niveau de l'eau ou au niveau du sol,
  - les assemblages,
  - les boulons et les rivets;
- les déformations permanentes causées par l'impact des glaces;
- les fissures dans les colonnes ou les pieux aux points d'assemblage avec les contreventements ou le chevêtre;
- les fissures dans les éléments du chevêtre;
- le relâchement des assemblages;
- le changement dans l'inclinaison des pieux ou des colonnes;
- la perte de contact entre la tête des pieux ou des colonnes et le chevêtre;
- les vibrations ou le déplacement des éléments d'un banc, lors du passage d'un véhicule sur le pont.

Les défauts qui peuvent avoir une incidence sur le comportement du banc en bois sont les suivants :

- les pièces endommagées par la pourriture affectant :
  - la base des poteaux,
  - la partie des pieux située dans la zone de fluctuation du niveau de l'eau ou au niveau du sol,
  - les surfaces des poteaux, des pieux ou du chevêtre en contact entre elles ou avec les contreventements,
  - les fissures et les nœuds;
- la fêlure ou la rupture causée par l'impact des glaces;
- la fêlure, la rupture ou l'écrasement des pièces du chevêtre aux points de contact avec les pieux ou les colonnes;
- les fentes aux points d'assemblage;
- le relâchement des assemblages;

- le changement dans l'inclinaison des pieux ou des colonnes;
- la perte de contact entre la tête des pieux ou des colonnes et le chevêtre;
- les vibrations ou le déplacement des éléments d'un banc, lors du passage d'un véhicule sur le pont.

Contreventements des bancs

Les défauts qui peuvent avoir une incidence sur le comportement des contreventements sont les suivants :

- les défauts de l'acier telles la corrosion, les déformations permanentes et la fissuration;
- les défauts du bois telles la pourriture, la fêlure et la rupture;
- le relâchement des assemblages;
- les membrures des contreventements sectionnées ou manquantes.

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 à leurs points de rencontre;
- 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 son incapacité à supporter les charges du remblai ou produit par le tassement du sol de fondation.

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.

Butoir

Le butoir est un bloc situé entre les poutres afin d'en assurer la stabilité latérale. Les défauts qui peuvent avoir une incidence sur le comportement des butoirs sont les suivants :

- les défauts du béton tels la désagrégation, la corrosion des armatures, le délaminage et l'éclatement affectant surtout des surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglaçage qui proviennent d'un joint de dilatation non étanche;
- les fissures dans le béton;
- la corrosion de l'acier;
- la pourriture du bois;
- la fêlure, l'écrasement ou la rupture des pièces en bois.

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 en **béton** sont :

- les défauts du béton tels la désagrégation, la corrosion des armatures et le délaminage affectant surtout des surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglaçage qui coulent le long du côté extérieur d'un chasse-roue ou sont projetés par des véhicules;
- l'éclatement causé par l'impact des glaces;
- l'érosion par abrasion affectant les surfaces exposées à l'action du courant;
- les fissures verticales ou horizontales;
- les fissures transversales dans la partie supérieure des murs en aile et des murs en retour, à leur intersection avec le garde-grève de la culée ou la béquille de portique.

Les principaux défauts des murs en **maçonnerie** sont :

- les fissures verticales ou horizontales produites par la poussée des terres ou le tassement du sol de fondation;
- la perte de mortier dans les joints;
- la désagrégation.

Les principaux défauts des murs en **gabions** sont :

- la corrosion ou la rupture des fils des paniers;
- le sectionnement des fils des paniers qui provoque la fuite de pierres de remplissage et la destruction du mur.

Les principaux défauts des murs en sacs de **sable-ciment** sont :

- la détérioration des sacs;
- la perte de sacs qui peut être causée par l'impact des débris et des glaces.

6.8 LA PILE

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 produit par la collision d'un véhicule.

Les piles peuvent être construites en béton armé, en acier, en bois, en maçonnerie ou avec une combinaison de ces matériaux. Les piles situées dans les cours d'eau sont généralement constituées d'une semelle appuyée sur le roc ou sur des pieux, d'un fût et d'un chevêtre en béton armé. Les piles peuvent aussi être constituées d'une colonne ronde ou ovale de grande dimension surmontée d'un chevêtre qui se prolonge en porte-à-faux de chaque côté de celle-ci.

Les piles des ponts acier-bois sont habituellement constituées par des caissons à claire-voie en bois remplis de pierres. Par leurs grandes dimensions, les bancs et les caissons à claire-voie causent de l'encombrement dans un cours d'eau et favorisent l'accumulation de glace et de débris.

6.8.1 Les mouvements

Comme dans le cas de la culée, la pile peut être affectée de défauts reliés au matériau qui la constitue, mais elle subit également les effets des mouvements de sa fondation. Ainsi, il est possible d'observer au niveau de la pile des déplacements verticaux ou latéraux ou des mouvements de rotation.

Le tassement de la pile implique la plupart du temps un tassement différentiel par rapport aux autres unités de fondation de la structure. Les effets de ce type de mouvement sur le tablier de la structure sont présentés à la section 6.5 « L'impact des mouvements de la fondation sur le tablier ».

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 l'appui fixe qui relie le chevêtre à la structure. Cette action de retenue produit cependant des efforts de traction dans le béton situé directement sous les appareils d'appui. Cette action a aussi pour effet de produire des efforts de traction et de compression dans les éléments du tablier. Ces dommages sont d'ailleurs les mêmes que ceux produits par les appuis bloqués et qui sont décrits à la section 6.9.2. La figure 6.8-1 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 relient à la structure sont mobiles. Dans le cas d'appareils d'appui à pendule, le déplacement pourrait causer leur renversement (figure 6.8-2). Dans une telle situation, le tablier de la structure subit un déplacement vertical et cela a les mêmes effets sur la structure que ceux causés par le tassement différentiel.

Les piles peuvent également être endommagées et même déplacées à la suite de l'impact d'un véhicule ou des glaces et les piédestaux peuvent être soulevés par le gel.

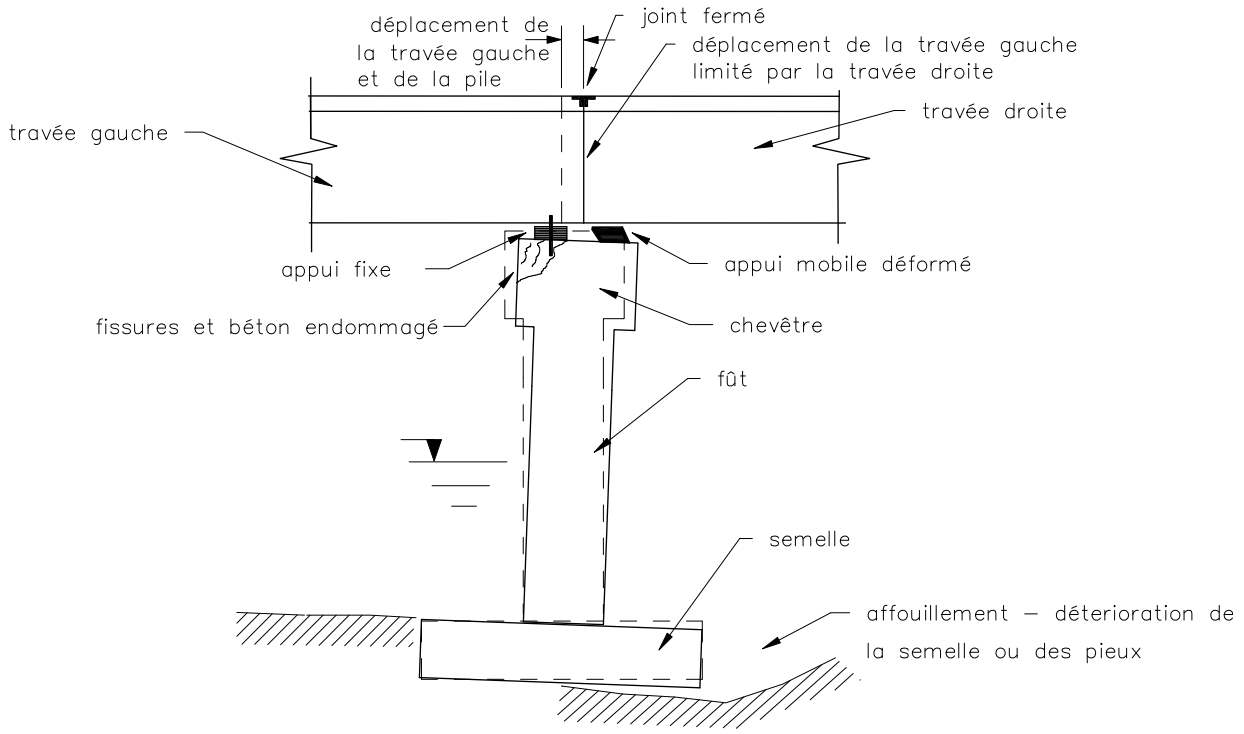


Figure 6.8-1 Déplacement de la pile limité par le tablier

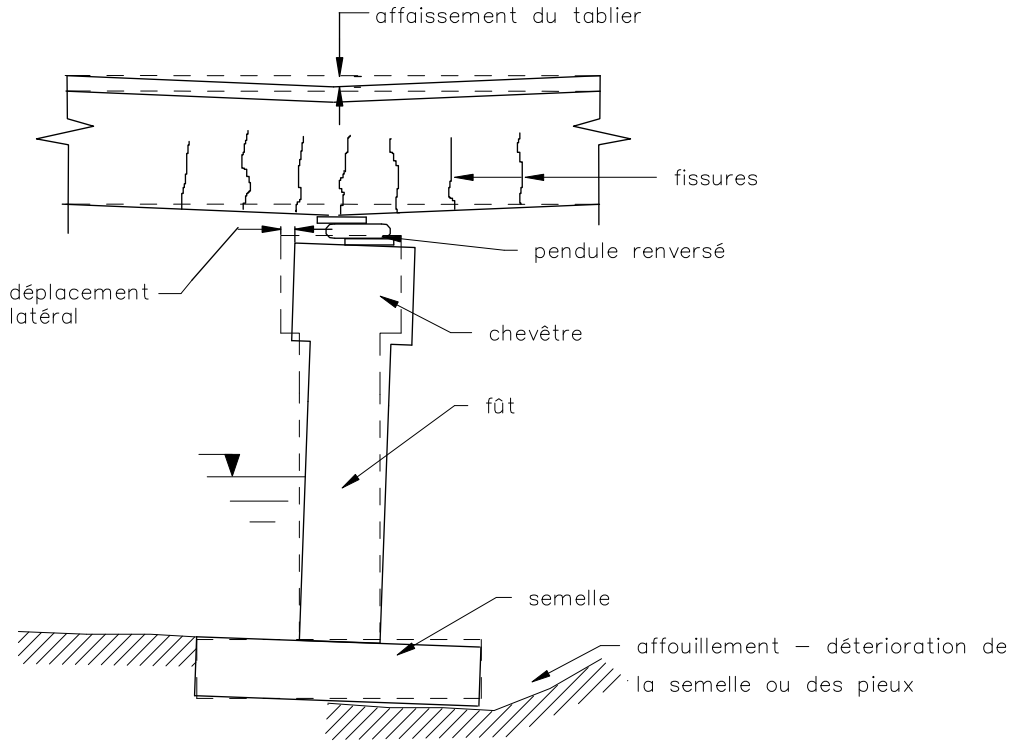


Figure 6.8-2 Effets du déplacement d'une pile

6.8.2 Les défauts

La pile peut être affectée par les défauts reliés au matériau qui la constitue. Ainsi, les défauts du béton, de l'acier, du bois et de la maçonnerie qui sont décrits dans le chapitre 4 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.

Éléments en béton

Les principaux défauts pouvant affecter le comportement d'une pile en béton sont les suivants :

- les fissures verticales ou horizontales dans le fût, les colonnes ou la béquille;
- les fissures de flexion et de cisaillement dans le chevêtre 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 chevêtre 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 les colonnes en béton.

Éléments en maçonnerie

Les principaux défauts pouvant affecter le comportement d'une pile en maçonnerie sont les suivants :

- les fissures verticales ou horizontales dans le fût d'une pile produites par la poussée des terres ou le tassement du sol de fondation;
- la perte de mortier dans les joints;
- la désagrégation.

Éléments en acier

Les principaux défauts pouvant affecter le comportement d'une pile en acier sont les suivants :

- la corrosion à la base des colonnes 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.

Éléments en bois

Les principaux défauts pouvant affecter le comportement d'une pile en bois sont les suivants :

- la pourriture à la base des colonnes, 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 mal assujetties.

6.9 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 est destiné à transmettre les efforts verticaux et parfois certains efforts horizontaux. Il permet la rotation et la translation, à l'exception des appareils guidés qui restreignent le mouvement transversal.

6.9.1 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 frettée 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.

6.9.2 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 pliés, sectionnés ou manquants;
- 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.

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. La présence de ceux-ci contribue à maintenir un état d'humidité qui favorise la corrosion tout en nuisant à l'aptitude de l'appareil à permettre les mouvements du tablier.

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 elle peut même, dans certains cas, empêcher tout mouvement.

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 tende à se fissurer, soit en raison de l'emploi de matériaux de mauvaise qualité ou à cause d'une déformation excessive de la plaque. Les fissures se forment près 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).

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.

Les ancrages pliés, sectionnés ou manquants

Lorsque les ancrages de l'appareil d'appui sont endommagés (pliés, sectionnés, manquants), 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 l'appareil. Cela entraîne un certain affaissement du tablier à cet appui, causant une augmentation considérable des efforts dans le tablier.

L'assemblage défectueux des guides de restriction de mouvement

Les guides de restriction de mouvement peuvent être usés ou mal assujettis (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.

Le déplacement anormal de l'appareil d'appui

Le déplacement anormal d'un l'appareil d'appui entraîne une surcharge d'efforts verticaux sous sa portion 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. Cela résulte en une augmentation importante des efforts dans le tablier et les appuis, comme dans le cas de l'appareil à pendule qui renverse.

Lors de l'inspection, l'inspecteur doit vérifier si les mouvements du tablier, anticipés pour des températures extrêmes ou observées, se situent à l'intérieur des mouvements permis par l'appareil :

- le déplacement relatif de la surface supérieure d'une plaque en élastomère par rapport à sa surface inférieure ne doit pas être plus grand que la moitié de l'épaisseur de la plaque, car un déplacement plus grand pourrait causer le déchirement de cette dernière ou le décollement au niveau des frettes;
- un mouvement trop grand peut causer le renversement des pendules et affecter de façon très importante le comportement du tablier;
- le déplacement du coussin en élastomère utilisé pour supporter l'appareil à articulation sphérique ou à élastomère confiné;
- le déplacement de la plaque de glissement en téflon (PTFE).

La figure 6.9-1 montre les positions stables et instables des appareils d'appui en acier à pendule.

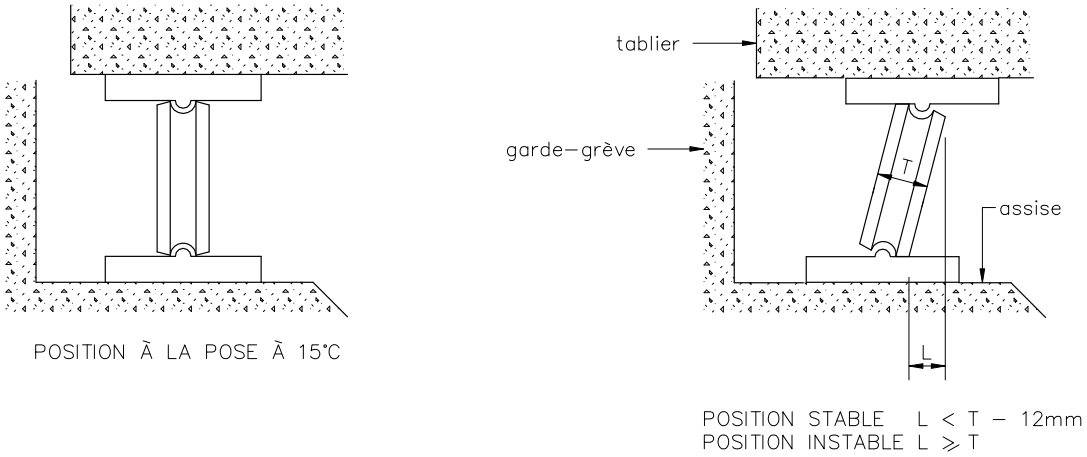


Figure 6.9-1 L'appareil d'appui en acier à pendule

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.

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 au tablier de prendre les mouvements pour lesquels il a été conçu. Le blocage de l'appareil a des conséquences sur 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.

Les contraintes de traction produites dans les appareils d'appui bloqués par la contraction du tablier sont transférées dans l'assise par les boulons d'ancrage de ces appareils et elles ont pour effet de fissurer et d'endommager le béton situé directement sous les appareils d'appui.

Ce défaut a aussi pour effet de produire des efforts de compression et de 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 de la poutre. Les figures 6.9-2 et 6.9-3 montrent les effets des appuis bloqués sur la culée et sur les éléments du tablier.

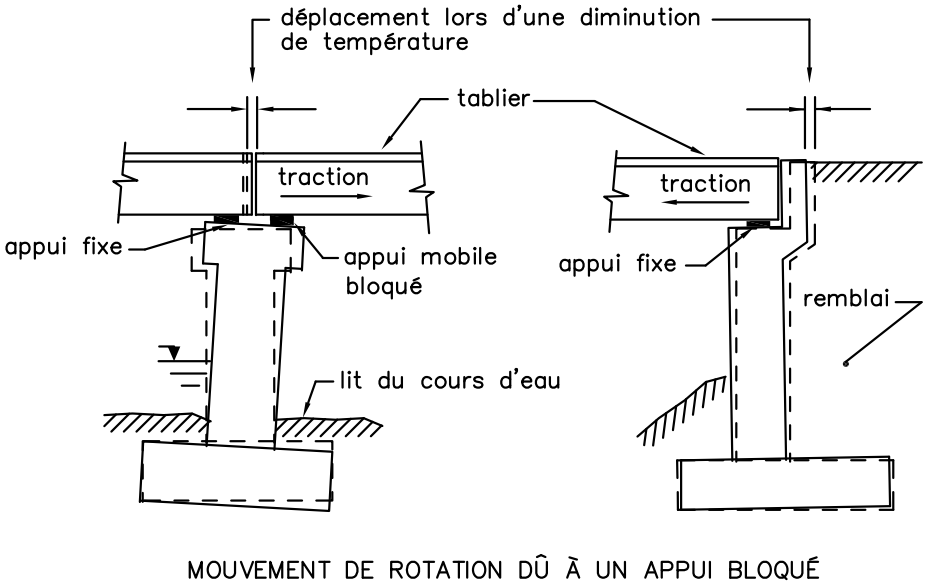
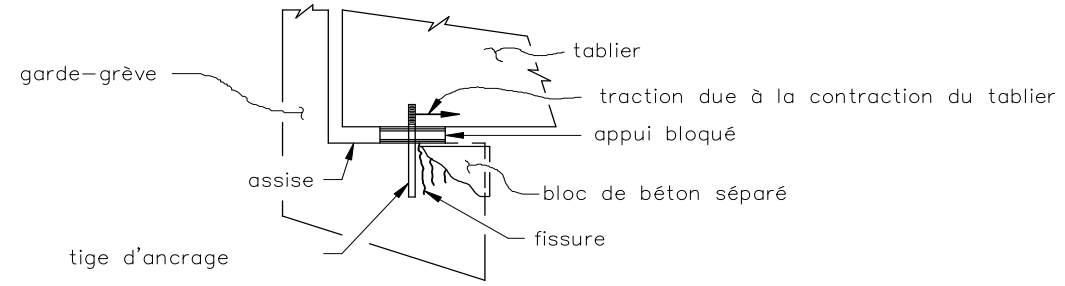
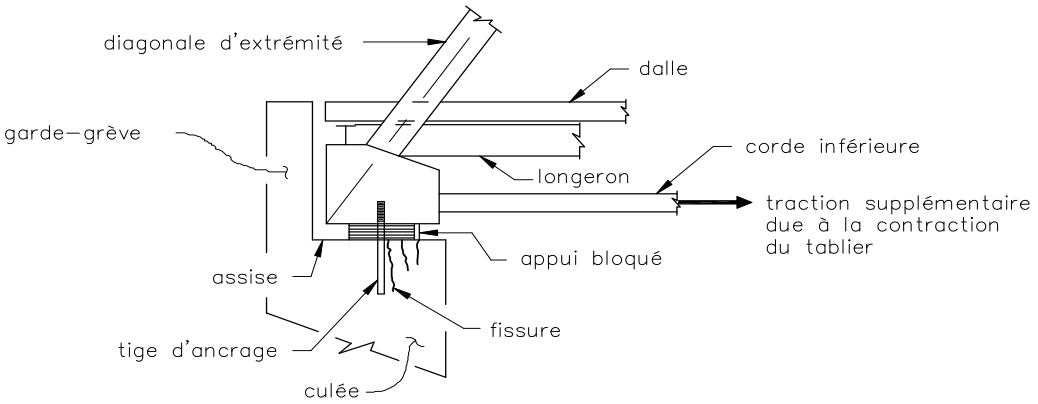


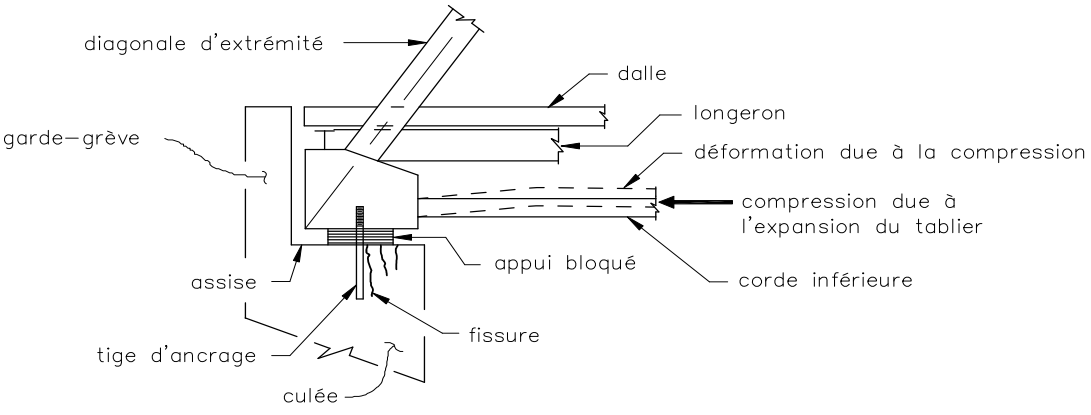
Figure 6.9-2 Effet des appareils d'appui bloqués



ASSISE DE LA CULÉE



POUTRE TRIANGULÉE



POUTRE TRIANGULÉE

Figure 6.9-3 Effets des appareils d'appui bloqués

6.10 LES INSPECTIONS D'AFFOUILLEMENT ET SOUS-MARINES

Une inspection visuelle ayant pour objet de détecter les mouvements de l'unité de fondation doit être effectuée pour les culées et les piles en rivière ayant une fondation superficielle supportée par un matériau autre que le roc et susceptibles d'être affectées par l'affouillement, après chaque crue importante du cours d'eau. De plus, lorsque la profondeur de l'eau ne permet pas l'inspection visuelle de la fondation, une inspection d'affouillement à l'aide d'une chaîne graduée doit être effectuée à une fréquence prédéterminée.

La partie des piles qui ne peut pas être inspectée visuellement parce qu'elle est toujours située sous le niveau de l'eau doit, de façon régulière, faire l'objet d'une inspection sous-marine. Une inspection sous-marine doit également être effectuée lorsque l'on soupçonne que le comportement de la partie située sous le niveau de l'eau d'un élément de fondation peut être affecté par des défauts de matériaux.

6.11 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU

Selon le principe général du système d'évaluation de l'état, l'état des matériaux et le comportement des éléments doivent être évalués. Toutefois, pour l'inspection de la fondation, seul le comportement de cet élément doit être évalué.

L'évaluation de l'état du matériau doit être réalisée pour tous les autres éléments. Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les tableaux de défauts des matériaux 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 6.11-1 et 6.11-2.

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).

Tableau 6.11-1 Critères spécifiques – Matériau – Unités de fondation

Défauts de matériaux observés	État			
	A	B	C	D
1 - Défaut du **béton** (désagrégation, érosion par abrasion, corrosion de l'armature, délaminage, éclatement ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
2 - Défaut de la **maçonnerie** (désagrégation ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
3 - Défaut de l'**acier** (corrosion ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
4 - Défaut du **bois** (pourriture, trou d'insecte ou usure par abrasion)	aucun à léger	moyen	important	très important
5 - Dégradation des **sacs sable-ciment**	aucune à légère	moyenne	importante	très importante
6 - Fils de **paniers de gabions**		corrodés	sectionnés	sectionnés avec perte de pierres

Tableau 6.11-2 Critères spécifiques – Matériau – Appareils d'appui

Défauts de matériaux observés	État			
	A	B	C	D
1 - Défaut de l'**acier** (corrosion ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
2 - Renflement des côtés ou écrasement des **plaques en élastomère**	aucun à léger	moyen	important	très important
3 - Fissure dans les **plaques en élastomère**		présence	présence avec frettes apparentes	présence avec décollement des frettes
4 - **Plaque de glissement**			partiellement déplacée ou décollée	sectionnée, déchirée ou expulsée
5 - Usure ou altération physique des **guides** de restriction de mouvement	légère	moyenne	importante	très importante

6.12 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

6.12.1 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 unités de fondation et les appareils d'appui présentés aux tableaux 6.12-1 et 6.12-2.

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. Dans le cas de défauts importants et très importants, toutes les données pertinentes pouvant être utiles à l'ingénieur responsable de l'inspection doivent être notées.

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 (CEC).

6.12.2 Évaluation des unités de fondation

Le tableau 6.12-1 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.

6.12.3 Évaluation des appareils d'appui

Le tableau 6.12-2 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 6.12-1 Critères spécifiques – Comportement – Unités de fondation

Défauts de comportement observés	Cote			
	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 (moins de 10 %)	appréciable (de 10 à 20 %)	importante (de 20 à 30 %)	très importante (plus de 30 %)
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 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 %)
5 - Assemblage relâché, défectueux ou corrodé d'un élément en acier pouvant réduire sa capacité à transférer les charges	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
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) observés sur un pieu, une colonne, une béquille ou un chevêtre d'un banc en acier				présence [(1)]

Tableau 6.12-1 – Critères spécifiques – Unités de fondation (suite)

Défauts de comportement observés	Cote			
	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	aucun à léger	appréciable	important	très important
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 - Fissure dans le béton				
Pour le béton précontraint : **ne pas considérer** fissure le long des câbles de précontrainte, fissure à la liaison entre l'âme et les semelles, fissure d'extrémité et fissure des zones de continuité sur appui				
Fissure (flexion ou cisaillement) dans une béquille de portique en béton précontraint avec ouverture	< 0,05 mm	0,05 à 0,15 mm [(2)]		> 0,15 mm [(2)]
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 avec ouverture	< 0,8 mm	0,8 à 3,0 mm [(2)]		> 3,0 mm [(2)]
Fissure (cisaillement) dans un chevêtre considéré comme poutre (chevêtre sur colonnes, porte-à-faux de chevêtre) en béton armé avec ouverture	< 0,8 mm	0,8 à 1,5 mm [(2)]		> 1,5 mm [(2)]
[(1)] L'ingénieur responsable doit être immédiatement avisé de l'état de la situation et de l'importance du défaut observé. [(2)] La cote est obligatoirement associée à une demande d'avis technique de fissuration.				

Tableau 6.12-2 Critères spécifiques – Comportement – Appareils d'appui

Défauts de comportement observés	Cote			
	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	

6.13 EXEMPLES

6.13.1 Unités de fondation

Exemple 1

Élément : Fondation superficielle d'un caisson à claire-voie

Semelle de béton et sol sous-jacent

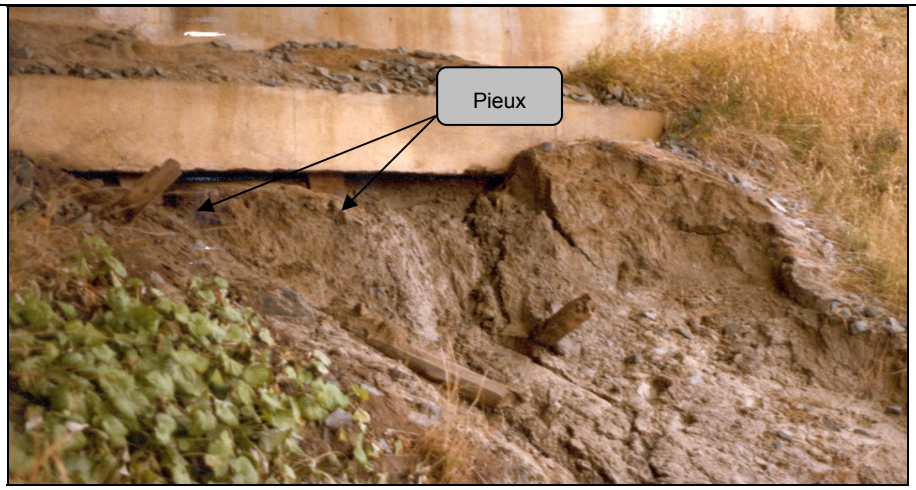
Défauts observés :

– 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



Défauts observés :

– 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

Défauts observés :

- 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

Défauts observés :

- 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

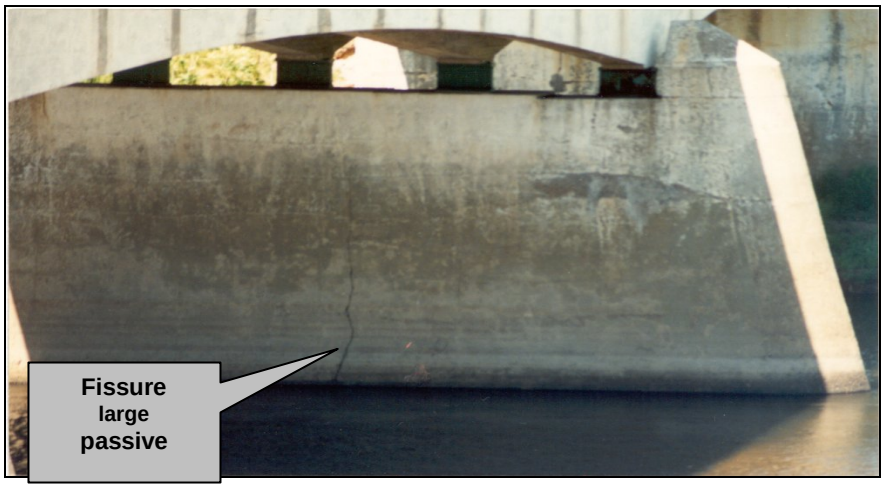
Défauts observés :

- 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



Défauts observés :

- 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

Défauts observés :

- 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
Demande d'avis technique de fissuration requise.

Exemple 8

Élément : Mur de front d'une culée en béton

Défauts observés :

- Béton généralement en bon état sauf pour la fissure de plus de 6 mm (béton de masse) correspondant à une surface équivalente de l'ordre de 5 %;
- Défaut pouvant affecter de façon appréciable la stabilité de la structure.

Matériau : A = 95 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 5 % Comportement (CEC) : 3

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

Défauts observés :

- 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

Défauts observés :

- 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

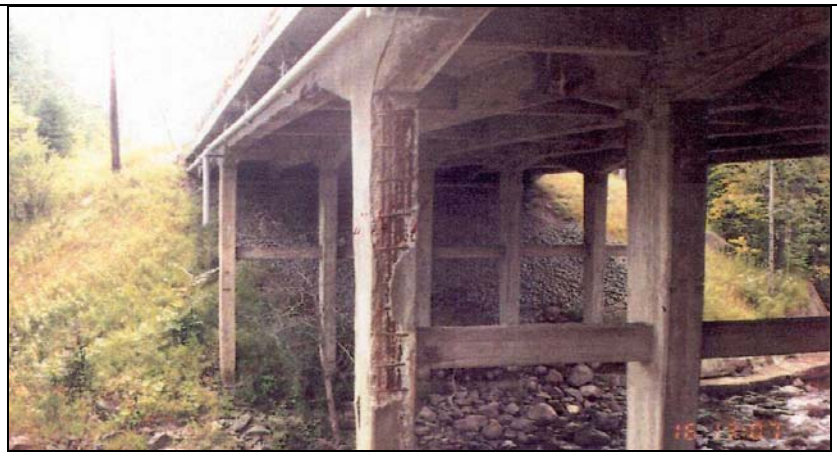
Défauts observés :

- 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 la surface des deux colonnes de rive. Il y a six colonnes au total;
- Corrosion des armatures avec diminution de section supérieure à 30 % sur environ 30 % de la surface des deux colonnes de rive réduisant d'environ 20 % la capacité de supporter les charges;
- Le béton des quatre autres colonnes est 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 25 % de la surface de l'assise diminuant ainsi sa capacité de support d'environ 25 %;
- Les trois autres assises de la culée sont en bon état.

Matériau : A = 93 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 7 % Comportement (CEC) : 2

Exemple 17

Élément : Bloc d'assise d'une béquille intermédiaire

Défauts observés :

- Désagrégation légère du béton de l'assise n'occasionnant aucune perte de capacité de support.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 4

Exemple 18

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 19

Élément : Mur en retour en béton armé d'une culée

Défauts observés :

- Éclatement et corrosion importante 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

6.13.2 Appareils d'appui

Exemple 20

Élément : Plaque en élastomère

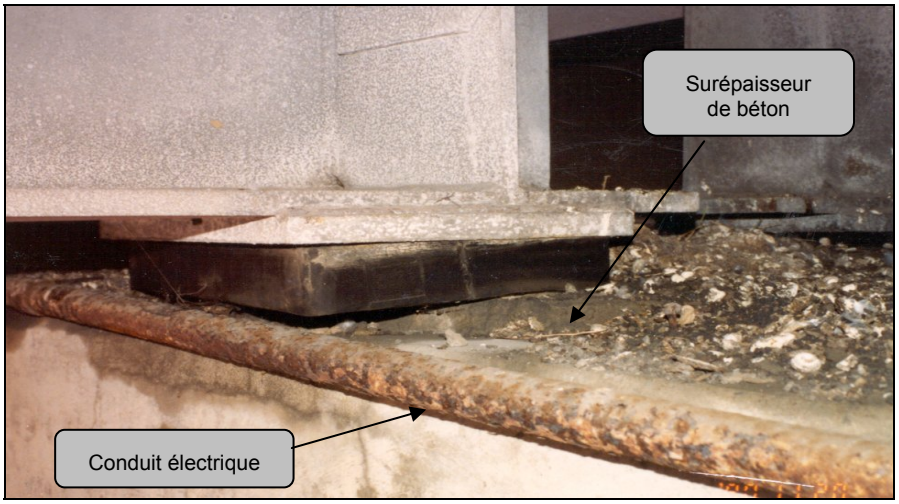
Défauts observés :

- Aucun défaut de matériau observé;
- 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 21

Élément : Plaque en élastomère



Défauts observés :

- Aucun défaut de matériau n'est observé sur la plaque;
- Éclatement moyen affectant 40 % de la surface de la surépaisseur de béton sous la plaque en élastomère. Les quatre appareils d'appui sont dans le même état;
- Chargement inégal de l'appareil d'appui avec perte de contact affectant de 30 à 40 % sa capacité de support.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 22

Élément : Plaque en élastomère

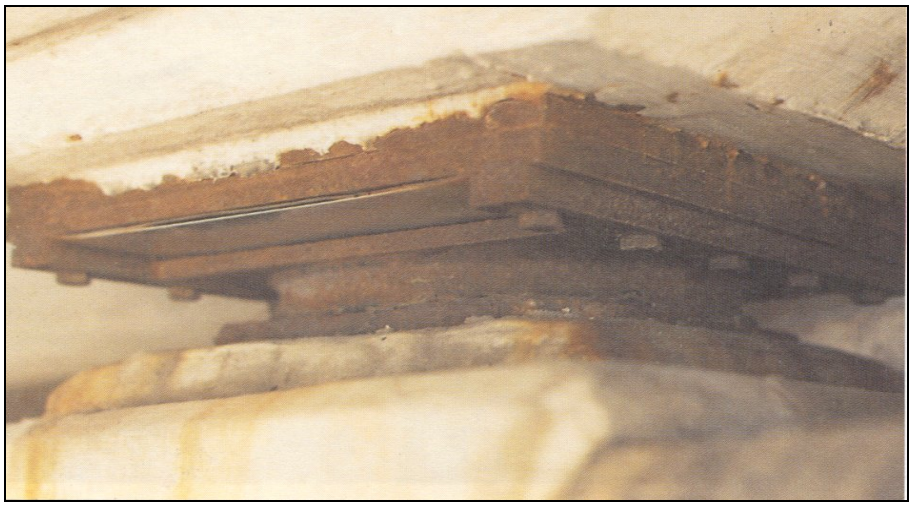
Défauts observés :

- Dans un système structural à quatre poutres, tous les ancrages et les plaques en élastomère sont dans le même état;
- Ancrages pliés de façon importante et fissurés avec écrasement très important des plaques en élastomère et mouvement empêché du tablier.

Matériau : A = 0 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 100 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 23

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 24

Élément : Appareil avec articulation sphérique

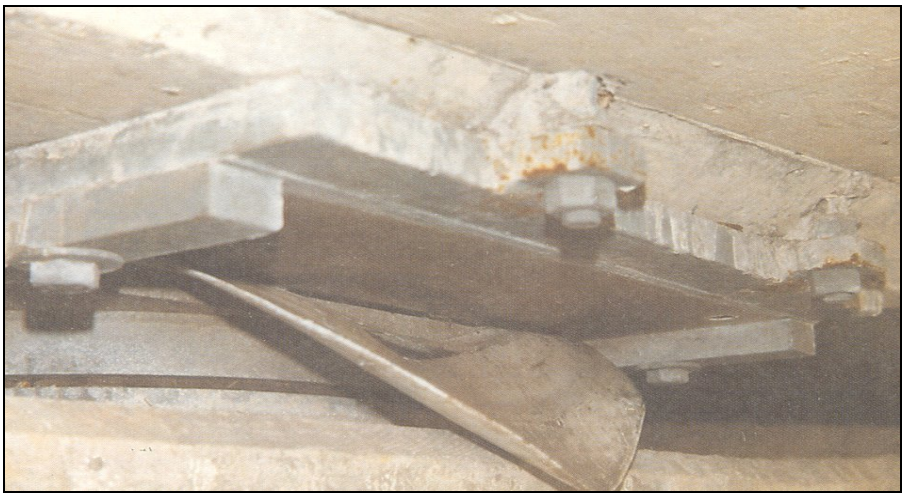
Défauts observés :

- 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 25

Élément : Appareil à élastomère confiné



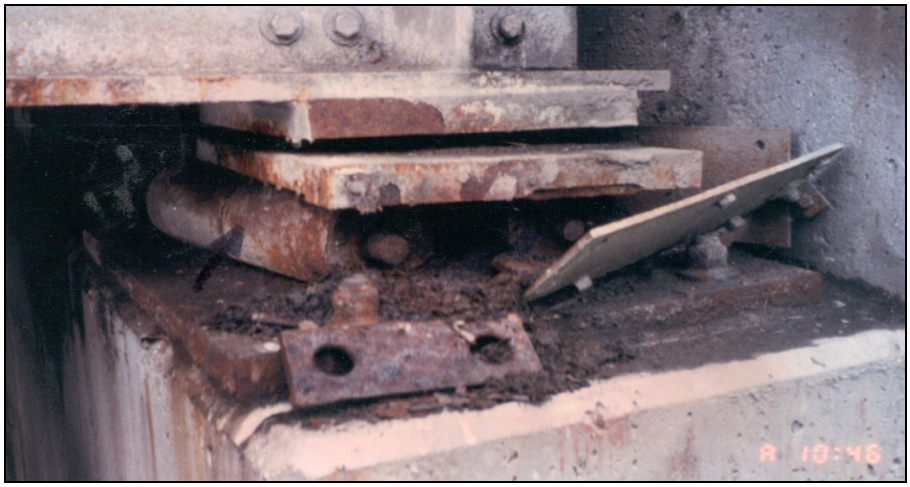
Défauts observés :

- 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 26

Élément : Appareil d'appui à rouleaux



Défauts observés :

- Dans un système structural à deux poutres, un des appareils montre une corrosion très importante et une fissuration des pièces en acier le constituant;
- 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 27

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 LA PRÉSENCE DE SERVICES PUBLICS 7-1

7.3 LE PONT À POUTRES À ÂME PLEINE 7-2

7.3.1 La poutre en béton armé 7-2
7.3.2 La poutre en béton précontraint 7-7
7.3.3 La poutre en acier 7-10
7.3.4 La poutre en acier enrobée de béton 7-13
7.3.5 La poutre en bois 7-13

7.4 LE PONT À POUTRES-CAISSONS 7-14

7.5 LE PONT À POUTRES TRIANGULÉES 7-16

7.5.1 La diminution de section due à la corrosion 7-17
7.5.2 La fissuration 7-17
7.5.3 Les déformations permanentes (voilement et flambement) 7-19
7.5.4 La striction 7-19
7.5.5 Le relâchement des assemblages 7-19
7.5.6 Les flèches et les vibrations excessives 7-20

7.6 LE PONT EN ARC 7-20

7.6.1 Les fissures transversales 7-21
7.6.2 Les fissures longitudinales 7-21
7.6.3 Les articulations déficientes 7-22
7.6.4 Les défauts spécifiques du tirant 7-22
7.6.5 Le fonctionnement inadéquat des dispositifs d'évacuation des eaux d'infiltration 7-23

7.7 LES STRUCTURES DE TABLIER – ENTRETOISES ET LONGERONS 7-23

7.8 LES DIAPHRAGMES ET LES CONTREVENTEMENTS 7-23

7.8.1 La diminution de section due à la corrosion 7-24
7.8.2 La fissuration des diaphragmes en acier 7-25
7.8.3 La fissuration des diaphragmes en béton 7-25
7.8.4 Les déformations permanentes (voilement et flambement) 7-25

7.8.5 Le relâchement des assemblages 7-25
7.8.6 Les vibrations excessives 7-26

7.9 LE PONT SUSPENDU 7-26

7.9.1 Le massif d'ancrage 7-28
7.9.2 La chambre d'épanouissement des câbles 7-28
7.9.3 Le câble porteur 7-30
7.9.4 Les accessoires du câble porteur 7-31
7.9.5 Les suspentes et leurs accessoires 7-33
7.9.6 Les bras d'articulation 7-34
7.9.7 Les butoirs 7-35
7.9.8 Les stabilisateurs latéraux 7-36

7.10 LE PONT À HAUBANS 7-36

7.10.1 Les haubans 7-38
7.10.2 Les selles d'inflexion 7-38
7.10.3 Les joints d'étanchéité des haubans à l'entrée de la zone d'ancrage 7-38
7.10.4 L'ancrage des haubans 7-38
7.10.5 Le bras d'articulation 7-39
7.10.6 Les butoirs 7-41

7.11 LE PONT COUVERT 7-41

7.11.1 Les tirants 7-41
7.11.2 Le lambris 7-42
7.11.3 La toiture 7-42

7.12 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU 7-42

7.13 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT 7-45

7.13.1 Général 7-45
7.13.2 Évaluation des éléments 7-46

7.14 EXEMPLES 7-50

7.14.1 Poutres en béton armé 7-50
7.14.2 Poutres en béton précontraint 7-52
7.14.3 Poutres en acier 7-53
7.14.4 Poutres triangulées 7-54
7.14.5 Ponts en arc 7-57
7.14.6 Contreventements et diaphragmes 7-58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 7.12-1 Critères spécifiques – Matériaux – Systèmes structuraux 7-44
Tableau 7.13-1 Critères spécifiques – Comportement – Systèmes structuraux 7-48

LISTE DES FIGURES

Figure 7.3-1 Fissures générées par des restrictions de mouvement 7-4
Figure 7.3-2 Fissuration causée par le manque de recouvrement et par le délaminage 7-6
Figure 7.3-3 Fissuration des poutres en béton précontraint 7-9
Figure 7.3-4 Défauts des poutres en acier 7-12
Figure 7.5-1 Efforts dans les principales configurations de poutres triangulées 7-18
Figure 7.6-1 Fissuration d'un arc en béton 7-22
Figure 7.9-1 Massifs d'ancrage 7-29
Figure 7.9-2 Types de torons 7-30
Figure 7.9-3 Selle d'inflexion 7-32
Figure 7.9-4 Selle d'infléchissement et collier d'épanouissement 7-33
Figure 7.9-5 Suspente et accessoires 7-34
Figure 7.9-6 Bras d'articulation 7-35
Figure 7.9-7 Butoir 7-36
Figure 7.10-1 Sabot d'attache des haubans au tablier 7-39
Figure 7.10-2 Bras d'articulation 7-40

7.1 GÉNÉRALITÉS

Les types de structures traités dans le présent chapitre sont les suivants :

- les ponts à poutres à âme pleine;
- les ponts à poutres-caissons;
- les ponts à poutres triangulées;
- les ponts en arc;
- les ponts suspendus;
- les ponts à haubans;
- les ponts couverts.

Il sera également question des éléments d'utilités publiques, des structures de tablier composées de longerons et d'entretoises, ainsi que des diaphragmes et des contreventements.

À noter que les structures de type dalles épaisses en béton, telles que les dalles et les portiques, sont traitées au chapitre 8 « Platelage ».

7.2 LA PRÉSENCE DE SERVICES PUBLICS

Les éléments de services publics attachés à une structure, bien que ne faisant pas l'objet d'une inspection proprement dite, doivent être observés afin d'assurer la sécurité des usagers et de prévenir les bris et les interruptions de service. Il est important de ne pas effectuer d'inspection de la structure lorsqu'il y a présence de fils électriques dénudés ou endommagés, et ce, afin d'éviter un risque potentiel d'électrocution.

Les éléments de services publics habituellement attachés sous le tablier des structures sont les suivants :

- les câbles optiques, électriques, téléphoniques et de câblodistribution;
- les conduites d'aqueduc, d'égout et de gaz naturel.

Les principaux défauts qui affectent ces éléments sont les suivants :

- la corrosion des attaches;
- les attaches manquantes, cassées ou lâches;
- tout autre défaut qui peut entraîner une perte de support des éléments.

Lors de l'inspection, il faut porter une attention particulière aux attaches soudées des éléments d'acier, car la fatigue peut amorcer des fissures dans les assemblages soudés.
Les défauts importants observés sur les éléments des services publics ou sur leurs attaches doivent être notés et signalés à l'ingénieur responsable de l'inspection qui avisera l'organisme responsable du service. Cependant, l'état des matériaux et le comportement de ces éléments n'ont pas à être évalués.

7.3 LE PONT À POUTRES À ÂME PLEINE

Le système structural d'un tablier de pont à poutres est constitué d'un platelage supporté par des poutres qui sont reliées entre elles transversalement par des diaphragmes et des contreventements.

L'élément « Poutre » fait l'objet de la présente section.

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance(1)**	**Quantité(2)**
Poutre à âme pleine/poutre-caisson	Poutre	P	Surface

(1) P : principal S : secondaire

(2) Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures.*

La poutre à âme pleine est une poutre comprenant une partie verticale, l'âme, placée entre deux membrures horizontales, les semelles. La poutre peut être simplement appuyée, semi-continue, continue ou en porte-à-faux au-dessus de ses appuis.

La poutre supporte les charges par sa résistance à la flexion, à l'effort tranchant et à la torsion. La poutre à âme pleine peut être en béton armé, en béton précontraint, en acier ou en bois.

Les principaux défauts qui peuvent être observés lors des inspections sur les poutres à âme pleine sont présentés dans cette section.

7.3.1 La poutre en béton armé

La poutre à âme pleine en béton armé peut être coulée en place ou préfabriquée. Elle est généralement constituée en forme de « T » ou de « I ».

Les principaux défauts de la poutre en béton armé sont les suivants :

- les fissures de flexion;
- les fissures de cisaillement;
- les fissures de flexion-cisaillement;
- les fissures causées par les restrictions de mouvement;
- les autres types de fissures;
- la désagrégation et le délaminage;
- l'éclatement;
- la diminution de section de l'armature exposée;
- les flèches et les vibrations excessives.

Les dommages structuraux inhérents au béton armé peuvent surtout être analysés à la lumière du mode de fissuration des poutres. En effet, le système de fissuration inhérent au béton armé apparaît dès le chargement de l'ouvrage et une grande ouverture des fissures ou une évolution de leur importance et de leur nombre laissent présumer un comportement déficient.

Nous traiterons donc des principaux types de fissures et des causes possibles pouvant suggérer que l'intégrité structurale d'une poutre en béton armé est affectée et à la limite, présumer sa rupture potentielle.

La figure 2.4-4, présentée dans le chapitre 2 « Analyse des structures », montre les différents types de fissures et leur emplacement, pour une portée simple et une portée continue.

Les fissures de flexion

La présence de fissures de flexion à la verticale, au centre d'une poutre à portée simple ou au-dessus des appuis d'une poutre continue, peut laisser présager une perte de capacité en flexion. Ces fissures se développent à partir de la fibre extrême tendue du béton, c'est-à-dire à partir du bas de la poutre au centre des portées ou à partir du haut de la poutre au-dessus des appuis d'une poutre continue. Elles suivent généralement le contour de la poutre et s'atténuent en se rapprochant de la mi-hauteur de celle-ci. Leur importance et leur nombre diminuent à mesure que l'on s'éloigne des sections critiques.

Les fissures de cisaillement

Les fissures de cisaillement sont des fissures inclinées à 45 degrés environ et elles sont situées principalement près des appuis. On les trouve sur les faces verticales de la poutre. L'ouverture des fissures est maximale à la mi-hauteur de la poutre et s'atténue à

mesure que l'on s'éloigne de la mi-hauteur de celle-ci. Leur importance et leur nombre diminuent à mesure que l'on s'éloigne des appuis.

Les fissures de flexion-cisaillement

Les fissures de flexion-cisaillement sont dues à l'action combinée de la flexion et du cisaillement. Les fissures s'amorcent verticalement pour ensuite s'incliner à 45 degrés environ. Elles se situent principalement entre l'appui et la demi-portée de la poutre.

Les fissures causées par les restrictions de mouvement

Des contraintes de traction sont engendrées lorsque les mouvements dus au retrait et aux variations de température d'un élément sont empêchés au niveau des appuis. Ces contraintes peuvent être causées par la friction aux appuis, l'adhérence à du béton déjà durci ou la fixation à d'autres éléments de la structure. Les fissures générées par les restrictions de mouvement sont montrées à la figure 7.3-1.

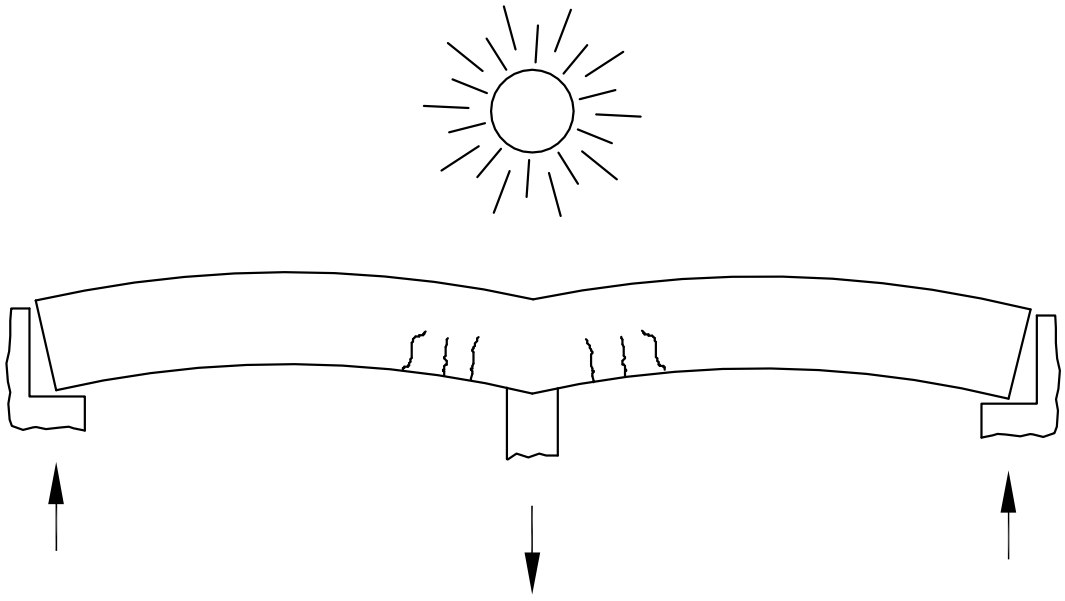


Figure 7.3-1 Fissures générées par des restrictions de mouvement

Les autres types de fissures

En plus des fissures dites « structurales », telles que les fissures de flexion, de cisaillement, de flexion-cisaillement, et celles dues aux restrictions de mouvement, il est possible d'en observer d'autres types causées, en grande partie, par une mauvaise mise en œuvre). Les plus fréquentes sont celles :

- dues au retrait du béton (mûrissement inadéquat);
- dues aux armatures placées trop près de la surface de la pièce (manque de recouvrement);
- dues au délaminage (gonflement de l'armature par la corrosion) (figure 7.3-2).

La plupart du temps, ces fissures ne reflètent pas une faiblesse structurale, mais elles affectent la durabilité de l'élément. Cependant, elles peuvent entraîner une perte de résistance selon la gravité de la fissuration et leur emplacement.

La désagrégation et le délaminage

Les défauts du béton tels la désagrégation et le délaminage affectent surtout les surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglaçage. De plus, lorsque le recouvrement de béton qui protège les armatures est insuffisant, cela entraîne la corrosion des armatures.

L'éclatement

L'éclatement du béton qui se produit aux appuis de la poutre est principalement dû à une pression trop élevée à l'assise ou à un mouvement thermique inadéquat. Il faut éviter de confondre l'éclatement dû à des pressions excessives à celui causé par le gonflement des armatures corrodées. Le premier est caractéristique d'un mauvais comportement et le deuxième, d'un matériau déficient ou dégradé.

La diminution de section de l'armature exposée

Suivant une détérioration du béton ou l'impact d'un véhicule, l'armature peut être dégagée et attaquée par la corrosion. La diminution de section d'armature qui en résulte implique une perte de capacité de la poutre.

Les flèches et les vibrations excessives

En l'absence de tassement anormal des appuis causé par un mouvement de fondation, d'une rupture d'assise ou d'un bris d'appareil d'appui, la présence d'une flèche permanente révèle 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.

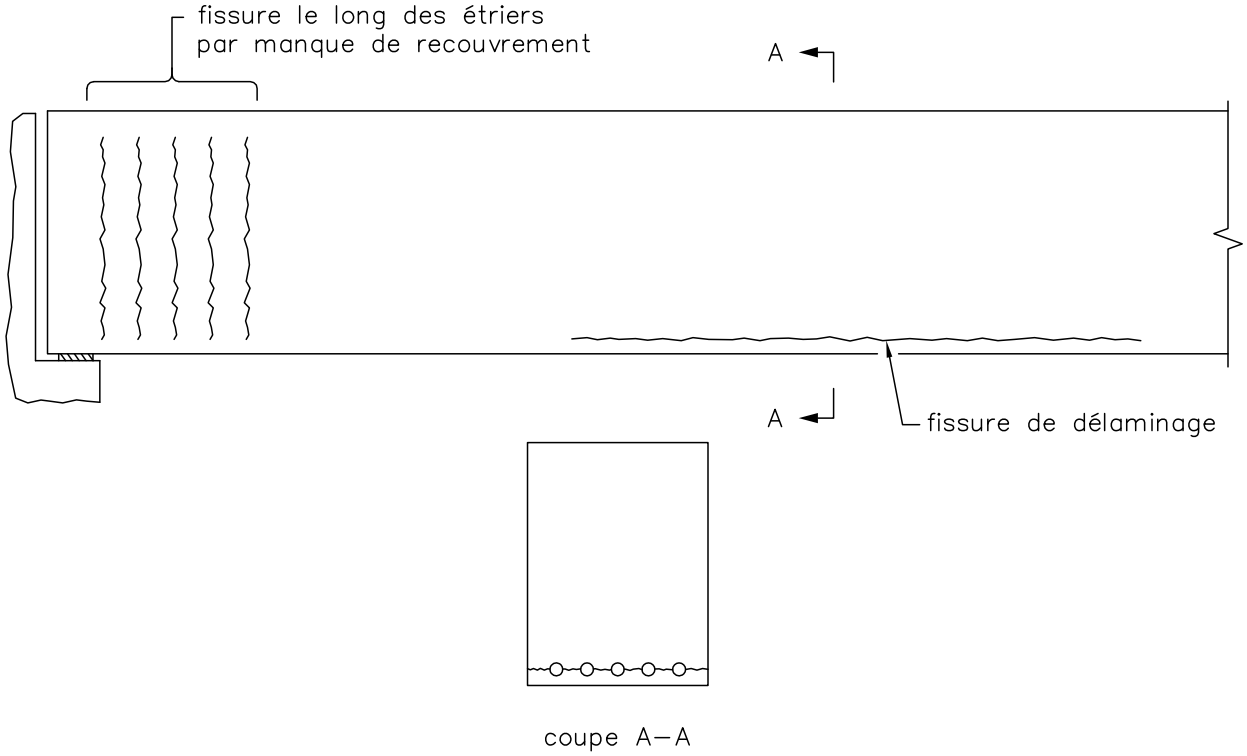


Figure 7.3-2 Fissuration causée par le manque de recouvrement et par le délaminage

7.3.2 La poutre en béton précontraint

La poutre en béton précontraint peut être coulée en place ou préfabriquée en une seule pièce ou en plusieurs segments. La poutre préfabriquée, de forme normalisée, est généralement précontrainte par prétension. Quant à la poutre coulée en place, elle est précontrainte par post-tension.

Les principaux défauts observés sur les poutres en béton armé, décrits à la section 7.3.1, s'appliquent également aux poutres en béton précontraint. Par conséquent, la présente section est réservée aux types de fissures et autres défauts spécifiques des poutres en béton précontraint.

Les principaux défauts inhérents à la poutre en béton précontraint sont les suivants :

- les fissures le long des câbles de précontrainte;
- les fissures à la liaison entre l'âme et la semelle inférieure;
- les fissures à la liaison entre l'âme et la semelle supérieure;
- 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 flèches et les vibrations excessives.

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.

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 en général soulignées par la présence de calcite (figure 7.3-3).

Les fissures à la liaison entre l'âme et la semelle inférieure

Ces fissures sont le signe d'un mouvement de glissement et sont généralement larges. Le béton présente souvent des éclatements le long de ces fissures, ce qui indique qu'elles sont actives. Elles peuvent être amorcées, quelquefois, par l'impact d'un véhicule (figure 7.3-3).

Les fissures sur la semelle inférieure peuvent aussi être dues à l'insuffisance du nombre d'étriers ou du recouvrement de béton (figure 7.3-3).

Les fissures à la liaison entre l'âme et la semelle supérieure

Ces fissures peuvent être causées par un tassement du béton de l'âme par rapport à la semelle supérieure de la poutre durant le bétonnage ou par le retrait différentiel entre l'âme et la semelle supérieure (figure 7.3-3).

Les fissures d'extrémité

Il existe plusieurs types de fissures d'extrémité (figure 7.3-3). Les fissures horizontales à la mi-hauteur de la poutre sont souvent dues à un niveau de contrainte trop élevé ou à l'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 au 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.

Les fissures des zones de continuité sur appui

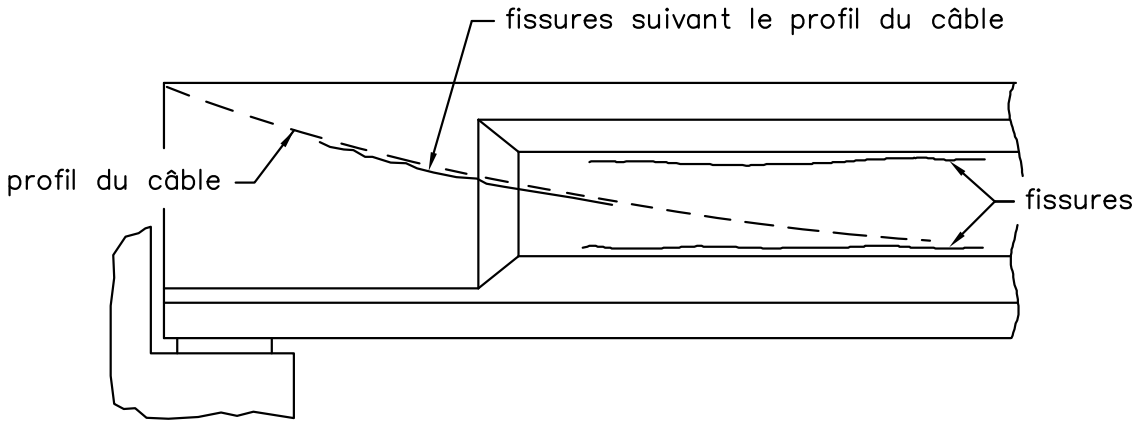
Certains types d'ouvrages sont construits, dans une première phase, en plusieurs travées simples indépendantes, puis sont rendus continus sur appuis intermédiaires dans une seconde phase. Cette continuité est obtenue par un clavage en béton armé ou en béton précontraint.

La fissuration transversale qui affecte quelquefois ces zones est causée par plusieurs phénomènes :

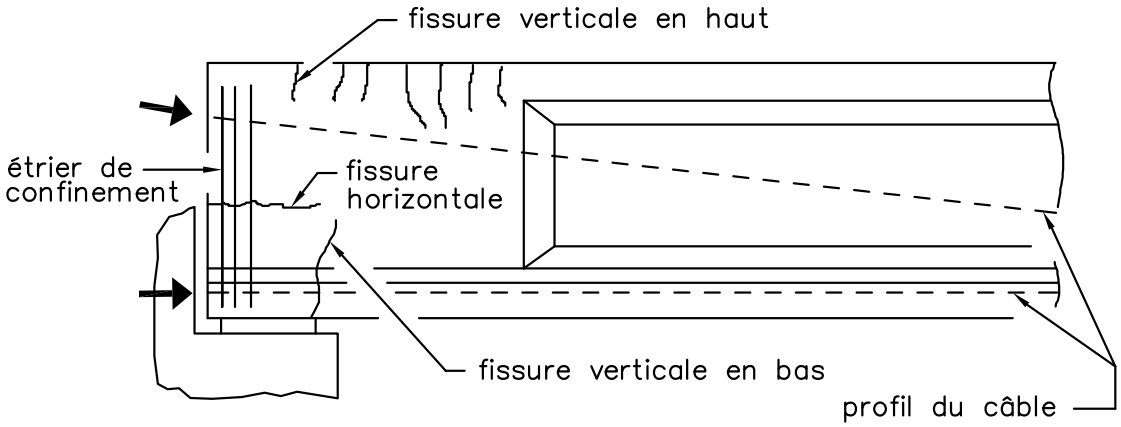
- le comportement différentiel entre le béton de clavage et celui des poutres bétonnées à des périodes différentes;
- la redistribution des efforts due aux déformations différées empêchées des poutres;
- l'insuffisance d'acier d'armature ou de câbles de précontrainte.

La diminution de section des câbles de précontrainte

Suivant une détérioration du béton ou l'impact d'un véhicule, les câbles de précontrainte peuvent être dégagés et attaqués par la corrosion. La diminution de la section des câbles qui en résulte se traduit par une perte de capacité de la poutre.



FISSURES LE LONG DES CÂBLES DE PRÉCONTRAINTE
ET À LA LIAISON ENTRE L'ÂME ET LES SEMELLES



FISSURES D'EXTRÉMITÉ

Figure 7.3-3 Fissuration des poutres en béton précontraint

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 leur efficacité. Cette situation s'observe par une flèche permanente dans la travée, c'est-à-dire un relâchement anormal des câbles de précontrainte.

Les flèches et les vibrations excessives

En l'absence de tassement anormal des appuis causé par un mouvement de fondation, d'une rupture d'assise ou d'un bris d'appareil d'appui, la présence d'une flèche permanente révèle une insuffisance de la résistance structurale.

Une flèche ou une vibration excessive sous l'action des charges vives est également un indice de la faiblesse du système structural.

7.3.3 La poutre en acier

La poutre à âme pleine en acier peut être laminée selon une forme normalisée, ou constituée de plaques jointes par rivetage, par boulonnage ou par soudage afin d'obtenir une section en « I ». Elle peut être munie de raidisseurs verticaux ou longitudinaux et constituée de plusieurs sections assemblées.

Les principaux défauts de la poutre en acier sont les suivants :

- la diminution de section due à la corrosion;
- le déversement des poutres;
- le voilement des composantes de la poutre;
- le relâchement des assemblages;
- la fissuration;
- les flèches et les vibrations excessives.

La diminution de section due à la corrosion

Lorsque la poutre est fortement affectée par la corrosion, la diminution de section de certaines composantes peut être considérable et entraîner une réduction de la capacité portante de la poutre.
Étant plus exposées aux intempéries et aux sels de déglaçage, 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.

La semelle inférieure de la poutre est souvent la plus endommagée, car les débris, le sable et les sels de déglaçage peuvent 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 exposée aux sels.

Le déversement des poutres

Le déversement des poutres peut être causé par une surcharge, par l'insuffisance de supports latéraux ou par la position inadéquate de ces éléments par rapport à la semelle comprimée des poutres.

Le voilement des composantes de la poutre

Le voilement des composantes de la poutre peut survenir au niveau de l'âme ou de l'aile comprimée de la poutre (figure 7.3-4).

Le voilement de l'aile en compression est généralement caractérisé par l'ondulation de l'aile de la semelle supérieure près du centre de la portée. Cependant, dans le cas d'une poutre continue reposant sur plusieurs appuis, ce phénomène peut aussi se produire sur la semelle inférieure, à proximité des appuis.

Le voilement et le flambement de l'âme sont caractérisés par une ondulation locale ou globale selon le cas et ils apparaissent généralement près des appuis. Quant à l'écrasement de l'âme, il survient généralement dans la zone d'appui.

Des raidisseurs, à proximité et au-dessus des appuis, sont utilisés pour renforcer l'âme de la poutre.

Le relâchement des assemblages

La fissuration des plaques d'acier ou la déformation permanente de celles-ci sont des signes révélateurs de relâchement des assemblages. De plus, les plaques d'assemblage peuvent être corrodées, les boulons ou les rivets peuvent être détériorés ou manquants et l'assemblage peut montrer des signes de glissement.

Le relâchement des assemblages peut donc être causé par la corrosion, mais également par la vibration excessive ou encore par une surcharge.

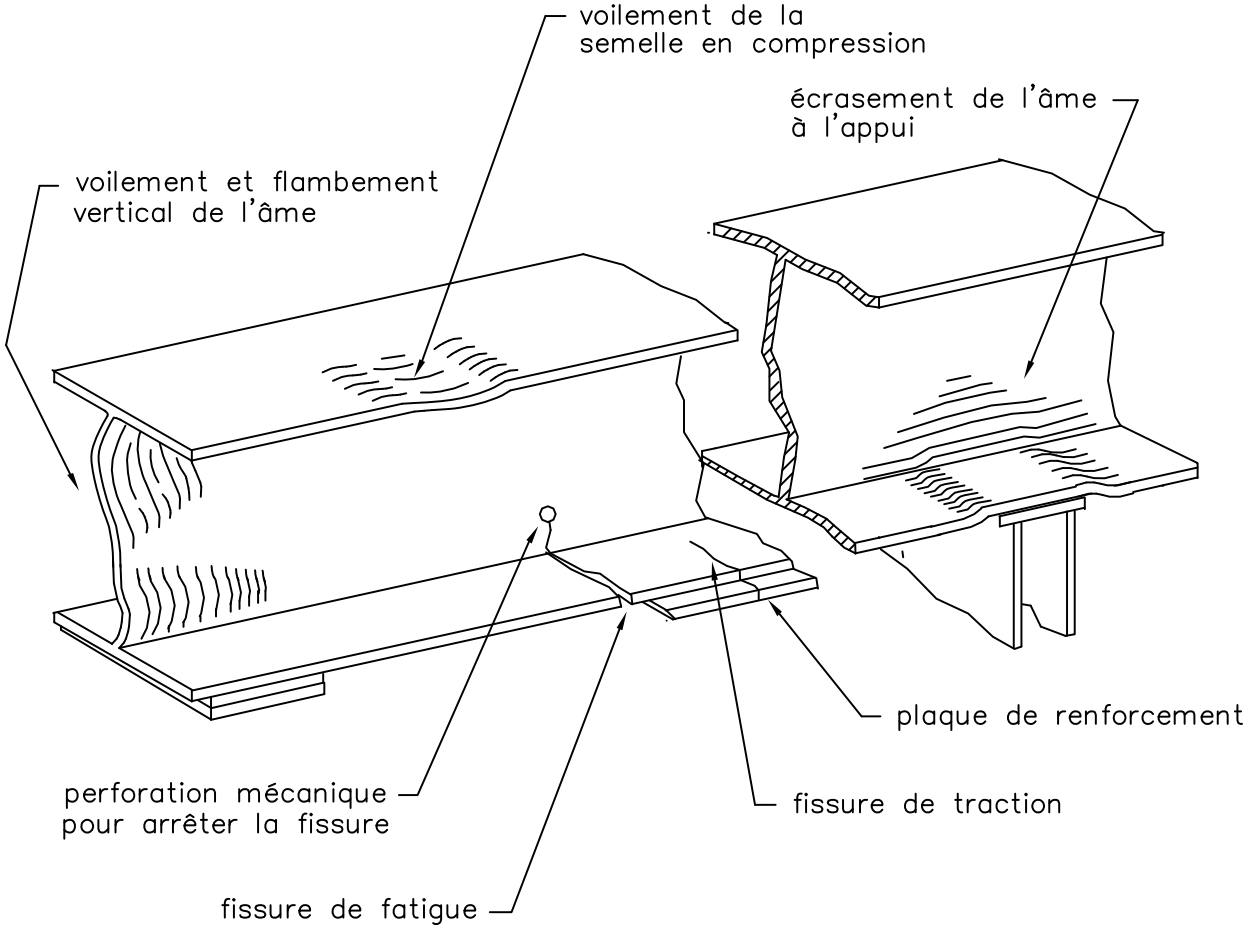


Figure 7.3-4 Défauts des poutres en acier

La fissuration

La principale cause de la fissuration de l'acier est la fatigue. Les fissures de fatigue sont susceptibles d'apparaître :

- dans les régions où il y a un changement brusque de section comme à l'extrémité des plaques de recouvrement;
- dans les assemblages complexes ou difficilement accessibles au soudeur;
- sous l'effet d'une contrainte excessive dans les zones tendues.

De plus, dans le cas des assemblages soudés, les soudures et les zones affectées thermiquement (ZAT) sont sensibles à la fissuration par fatigue surtout si le type de joint est inadéquat ou que l'exécution du soudage est de mauvaise qualité.

Les flèches et les vibrations excessives

En l'absence de tassement anormal des appuis causé par un mouvement de fondation, d'une rupture d'assise ou d'un bris d'appareil d'appui, la présence d'une flèche permanente révèle 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.

7.3.4 La poutre en acier enrobée de béton

Certaines poutres sont constituées d'un profilé d'acier ou d'une ferme métallique enrobée 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 et par le fait même, d'en évaluer la capacité. Bien souvent, c'est 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 et son comportement, l'inspecteur doit évaluer la poutre comme s'il s'agissait d'une poutre en béton armé.

7.3.5 La poutre en bois

La poutre peut être en bois scié ou en bois lamellé-collé et elle est généralement de forme rectangulaire. Elle peut être fabriquée en une seule pièce ou assemblée à partir de sections jointes par plaques ou par un autre dispositif d'assemblage.

Les principaux défauts de la poutre en bois sont les suivants :

- la fêlure et la rupture;
- l'écrasement;
- la diminution de section;
- les flèches et les vibrations excessives.

La fêlure et la rupture

La fêlure est une séparation incomplète des grains 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 ou encore, dans la partie supérieure de la section transversale au-dessus des appuis dans le cas d'une poutre continue.

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. L'écrasement parallèle aux fibres survient principalement dans la partie supérieure de la section transversale au centre des portées ou dans la partie inférieure de la section transversale au-dessus des appuis dans le cas d'une poutre continue.

La diminution de section

Suivant l'impact d'un véhicule ou une détérioration quelconque du bois, la section initiale de la pièce peut être réduite. Cette diminution de section implique nécessairement une réduction de la capacité de la poutre.

Les flèches et les vibrations excessives

En l'absence de tassement anormal des appuis causé par un mouvement de fondation, d'une rupture d'assise ou d'un bris d'appareil d'appui, la présence d'une flèche permanente révèle 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.

7.4 LE PONT À POUTRES-CAISSONS

Les éléments qui sont traités dans la présente section sont les suivants :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance (1)**	**Quantité(2)**
Poutres à âme pleine/poutres-caissons	Poutre	P	Surface
	Diaphragme d'extrémité intérieur poutre-caisson	P	Surface x Nombre

(1) P : principal S : secondaire

(2) Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures.*

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.

Les diaphragmes d'extrémité de la poutre-caisson sont des parois renforcées servant à fermer les extrémités des caissons. Ces parois sont considérées comme des éléments principaux, car elles transmettent les charges aux fondations et empêchent la déformation du caisson à son extrémité. Ces diaphragmes ne doivent pas être confondus avec les diaphragmes reliant deux poutres-caissons qui, dans ce cas, sont considérés comme des éléments secondaires.

Les principaux défauts associés à la poutre-caisson sont de même nature que ceux mentionnés aux sections 7.3.1, 7.3.2 ou 7.3.3 pour la poutre à âme pleine en béton armé, en béton précontraint ou en acier.

Toutefois, dans le cas de la poutre-caisson en acier, l'inspecteur doit porter une attention particulière au soudage des raidisseurs et des autres éléments constituant le caisson afin de déceler les problèmes potentiels de fissuration par fatigue. Dans un tel cas, il est important que l'inspecteur consulte les plans de construction et repère les assemblages qui peuvent être sensibles à la fatigue avant de commencer l'inspection. Il peut être nécessaire de recourir aux méthodes d'inspection non destructive pour inspecter les assemblages soudés.

Une attention particulière doit aussi être portée à la déformation du caisson aux extrémités de la poutre près des appuis. Parfois, le renfort des extrémités peut présenter des déformations, signe que la poutre est sollicitée au-delà de sa capacité.

Dans le cas des diaphragmes d'extrémité en acier de la poutre-caisson, la paroi est généralement renforcée à l'aide de raidisseurs. Toute déformation de cette paroi ou des raidisseurs est un signe évident de faiblesse structurale. Ce type de défaut doit être signalé immédiatement à l'ingénieur responsable de l'inspection.

Pour les diaphragmes d'extrémité en béton d'une poutre-caisson, la fissuration du diaphragme est souvent révélatrice d'une insuffisance de sa résistance suivant une activité de levage de tablier ou 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.

7.5 LE PONT À POUTRES TRIANGULÉES

La poutre triangulée est une poutre composée d'une membrure supérieure et d'une membrure inférieure qui sont reliées entre elles au moyen de diagonales et de montants.

Les éléments qui font partie du groupe « Poutres triangulées » sont présentés ci-dessous :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance(1)**	**Quantité(2)**
Poutres triangulées	Corde supérieure	P	Surface x Longueur ou Longueur (si bois)
	Corde inférieure	P	Surface x Longueur ou Longueur (si bois)
	Montant/poteau	P	Surface x hauteur x nombre ou Nombre x hauteur (si bois)
	Diagonale	P	Surface x longueur x nombre ou Nombre x longueur (si bois)
	Assemblages	P	Nombre

(1) P : principal S : secondaire

(2) Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures.*

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 la configuration de la poutre triangulée et la position de la surcharge routière.
La configuration des poutres triangulées est variée et le cheminement des efforts dans les membrures pour différentes configurations est montré à la figure 7.5-1.

Les principaux défauts de la poutre triangulée en acier sont les suivants :

- la diminution de section due à la corrosion;
- la fissuration;
- les déformations permanentes (voilement et flambement)
- la striction;
- le relâchement des assemblages;
- les flèches et les vibrations excessives.

7.5.1 La diminution de section due à la corrosion

La corrosion peut affecter les composantes d'une poutre triangulée. L'humidité, les dépôts de sable et les produits de déglaçage peuvent s'accumuler sur les surfaces horizontales des profilés d'acier et au niveau de leurs assemblages, et ce, particulièrement pour les 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.

7.5.2 La fissuration

Les fissures dans l'acier sont principalement causées par la fatigue. Les fissures de fatigue sont plus susceptibles d'apparaître dans les régions où il y a un changement brusque de dimensions de section, comme à l'extrémité des plaques de renfort ou d'assemblages et au niveau des soudures des assemblages soudés.

Les fissures peuvent aussi être causées par une contrainte excessive dans les membrures en traction ou par l'impact d'un véhicule.

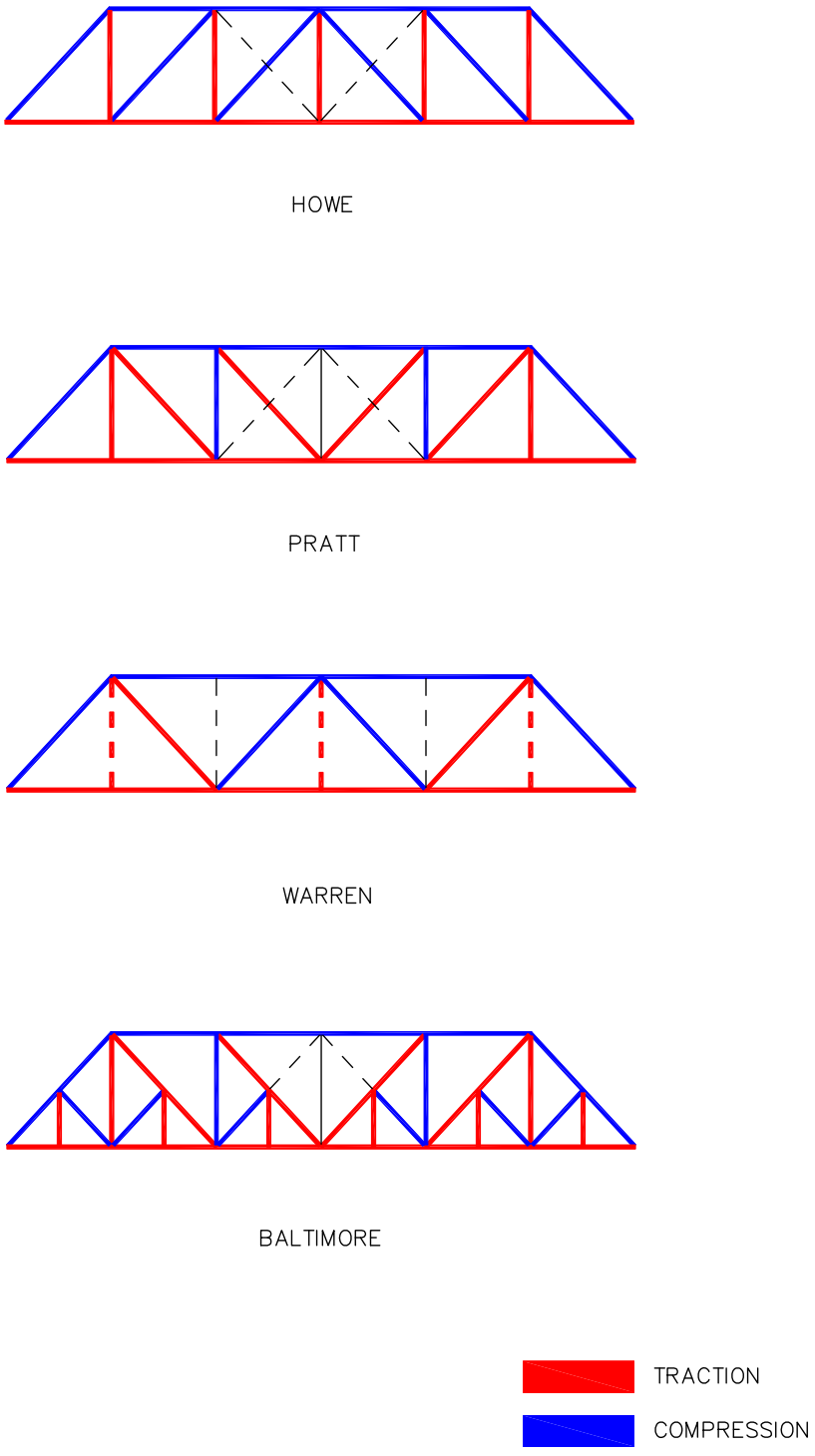


Figure 7.5-1 Efforts dans les principales configurations de poutres triangulées

7.5.3 Les déformations permanentes (voilement et flambement)

Dans son ensemble, la poutre triangulée doit être bien alignée et cette vérification se fait visuellement, sans l'aide d'instruments de mesure. Le désalignement de la poutre et la déformation permanente de l'une de ses composantes peuvent être causés par une surcharge trop élevée, par l'impact d'un véhicule ou par l'insuffisance de contreventements.

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.

Lorsqu'une membrure voile localement, une ondulation de la paroi apparaît localement. 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.

Il est courant de constater que les membrures d'extrémité, les diagonales et les montants sont peu protégés contre les impacts de véhicules ou des équipements de déneigement. Ces membrures sont souvent déformées ou désaxées, réduisant ainsi leur capacité lorsqu'elles travaillent en compression.

7.5.4 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 très 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.

7.5.5 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.

Le relâchement des assemblages peut être causé par la corrosion, par la vibration excessive ou par une surcharge. La fissuration ou la déformation permanente des éléments constituant l'assemblage en sont des signes révélateurs.

Les assemblages boulonnés ou rivetés sont particulièrement susceptibles d'être affectés par la corrosion. Les boulons et rivets peuvent être détériorés ou manquants et l'assemblage peut montrer des signes de glissement. Les assemblages soudés peuvent aussi être affectés par le relâchement, notamment au niveau des soudures.

7.5.6 Les flèches et les vibrations excessives

En l'absence de tassement anormal des appuis causé par un mouvement de fondation, d'une rupture d'assise ou d'un bris d'appareil d'appui, la présence d'une flèche permanente révèle 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.

7.6 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).

Les éléments qui font partie des groupes « Arc » et « Arc à tympan rigide » sont les suivants :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance(1)**	**Quantité(2)**
Arc	Arc	P	Surface
	Membrure supérieure	P	Surface
	Tirant	P	Longueur
	Suspentes/montant	P	Hauteur x Nombre
	Diagonales	P	Longueur x Nombre
	Assemblages	P	Nombre
Arc à tympan rigide	Tympan	P	Surface
	Voûte	P	Surface

(1) P : principal S : secondaire

(2) Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures.*

L'arc est fabriqué principalement en béton ou en acier. Il peut être à portée simple ou à portées multiples avec des appuis encastrés ou rotulés (articulation). Parfois, une articulation est également présente à la mi-portée de l'arc.
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 obliques et la composante horizontale est appelée poussée.

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 inhérents au pont en arc sont les suivants :

- les fissures transversales;
- les fissures longitudinales;
- les articulations déficientes;
- les défauts spécifiques du tirant;
- le fonctionnement inadéquat des dispositifs d'évacuation des eaux d'infiltration.

7.6.1 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 7.6-1.

Les fissures transversales sont disposées parallèlement à la fondation; autrement dit, elles sont perpendiculaires au sens de la circulation, pour un arc sans biais. Ces fissures transversales à la clé sont causées par le tassement différentiel 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.

7.6.2 Les fissures longitudinales

Les fissures longitudinales observables dans les arcs en béton surviennent le plus souvent au niveau du tympan ou sur l'arc lui-même. Les fissures longitudinales sont parallèles au sens de la circulation.

Dans le tympan, elles sont dues au tassement différentiel entre les appuis (figure 7.6-1) ou au tassement différentiel transversal sous une même ligne d'appui.

Les fissures longitudinales sur l'arc sont dues à une insuffisance, voire à l'absence, d'acier transversal. Le béton n'est alors pas suffisamment confiné dans l'arc.

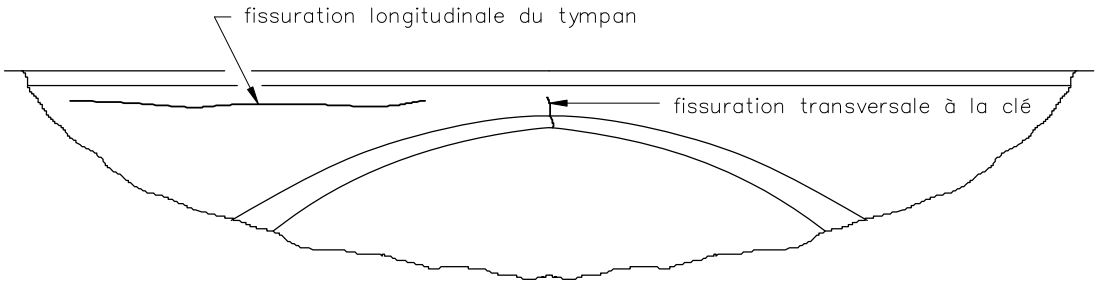


Figure 7.6-1 Fissuration d'un arc en béton

7.6.3 Les articulations déficientes

Les articulations peuvent perdre leur fonctionnalité parce qu'il y a accumulation de débris divers ou détérioration du matériau les constituant. De plus, les articulations peuvent être bloquées par la mise en butée du dispositif de retenue si celui-ci est suffisamment rigide.

7.6.4 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 moindre défaut, que ce soit la détérioration, la fissuration ou tout autre défaut réduisant la section utile, affecte directement l'intégrité de l'ouvrage.

Le point 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.

7.6.5 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.

7.7 LES STRUCTURES DE TABLIER – ENTRETOISES ET LONGERONS

Les éléments qui font partie du groupe « Structures de tablier » sont traités dans la présente section. Il s'agit des éléments suivants :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance(1)**	**Quantité(2)**
Structure de tablier	Entretoises	P	Surface x Nombre
	Longerons	P	Surface x Nombre

(1) P : principal S : secondaire

(2) Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures.*

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 constituant, ceux-ci s'apparentent aux poutres à âme pleine et sont évalués à partir des mêmes critères.

Les défauts des entretoises et des longerons sont donc traités dans les sections 7.3.1, 7.3.3 et 7.3.5, selon qu'ils sont en béton armé, en acier ou en bois.

7.8 LES DIAPHRAGMES ET LES CONTREVENTEMENTS

Les éléments qui font partie du groupe « Contreventements » sont traités dans la présente section. Il s'agit des éléments présentés ci-dessous :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance(1)**	**Quantité**
Structure de tablier	Contreventements	S	Nombre
	Portique d'extrémité	S	Nombre
	Diaphragmes	S	Nombre

(1) P : principal S : secondaire

Les diaphragmes sont des membrures transversales qui relient les éléments principaux supportant les charges de gravité. Le rôle des diaphragmes est de restreindre les mouvements relatifs entre les éléments principaux, de répartir les charges verticales entre les poutres, de prévenir le déversement et d'assurer leur stabilité contre les charges latérales sans qu'il y ait déformation excessive ou permanente.

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 également un contreventement, mais il est évalué séparément des autres contreventements, car il est plus à risque d'être frappé par les véhicules.

Les principaux défauts des diaphragmes et des contreventements sont les suivants :

- la diminution de section due à la corrosion;
- la fissuration des diaphragmes en acier;
- la fissuration des diaphragmes en béton;
- les déformations permanentes (voilement et flambement);
- le relâchement des assemblages;
- les vibrations excessives.

7.8.1 La diminution de section due à la corrosion

Les membrures en acier peuvent être affectées par la corrosion aux endroits où elles ne sont pas adéquatement protégées. Les composantes les plus affectées sont surtout celles situées près du tablier comme les contreventements inférieurs. Là encore, la corrosion est susceptible de se développer sur les surfaces horizontales des membrures qui facilitent l'accumulation des sels de déglaçage et des débris qui emprisonnent l'humidité.

La diminution de section qui résulte de la corrosion se traduit par une perte de capacité et évidemment par l'inefficacité complète de la membrure si la composante affectée est sectionnée.

7.8.2 La fissuration des diaphragmes en acier

La principale cause de la fissuration de l'acier est la fatigue. Les fissures de fatigue sont susceptibles d'apparaître :

- dans les régions où il y a un changement brusque de section comme à l'extrémité des plaques de recouvrement;
- dans les assemblages complexes ou difficilement accessibles au soudeur;
- sous l'effet d'une contrainte excessive dans les zones tendues.

De plus, dans le cas des assemblages soudés, les soudures et les zones affectées thermiquement (ZAT) sont sensibles à la fissuration par fatigue surtout si le type de joint est inadéquat ou que l'exécution du soudage est de mauvaise qualité.

7.8.3 La fissuration des diaphragmes en béton

La fissuration verticale ou inclinée du béton apparaît aux raccordements entre les poutres principales et les diaphragmes en béton. Elle peut révéler une insuffisance de résistance suivant le tassement différentiel des appuis, une activité de levage de tablier ou une sollicitation trop importante du diaphragme sous les charges vives.

Elle peut également avoir pour origine le retrait différentiel du béton ou, le cas échéant, une mise en tension inadéquate de l'acier de précontrainte ayant provoqué des déformations dissymétriques entre les poutres et créant ainsi des sollicitations non prévues dans le diaphragme.

7.8.4 Les déformations permanentes (voilement et flambement)

Les diaphragmes et les contreventements en acier peuvent être surchargés et subir respectivement le voilement d'une composante constituant la section ou un flambement de la pièce. La déformation permanente des contreventements peut également être causée par l'impact d'un véhicule, par une mauvaise mise en place ou encore, par la déformation de la structure principale.

7.8.5 Le relâchement des assemblages

Le relâchement des assemblages peut être causé par la corrosion, une vibration excessive, une surcharge ou une géométrie déficiente. La fissuration ou la déformation permanente de l'assemblage en sont des signes manifestes.

Les assemblages boulonnés ou rivetés sont particulièrement affectés par la corrosion. Les boulons ou les rivets peuvent être détériorés ou manquants et les assemblages boulonnés peuvent montrer des signes de glissement. Les assemblages soudés peuvent aussi être affectés notamment au niveau des soudures.

7.8.6 Les vibrations excessives

Une vibration excessive des diaphragmes ou des contreventements sous l'action des charges vives est un indice de faiblesse de ces éléments.

7.9 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.

Les éléments qui font partie du groupe « Pont suspendu » sont traités dans la présente section. Il s'agit des éléments présentés ci-dessous :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance[(1)]**	**Quantité[(2)]**
Pont suspendu	Massif d'ancrage	P	S. O.
	Chambre d'épanouissement des câbles	P	Surface
	Câble porteur et accessoires : Ancrages au massif, culots et colliers d'épanouissement Selles (inflexion et infléchissement) Joint d'étanchéité	P	Longueur
	Suspentes et accessoires	P	Nombre
	Bras d'articulation	P	Nombre
	Butoirs	P	Nombre
	Stabilisateurs transversaux	P	Nombre

(1) P : principal S : secondaire

(2) Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures.*

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 7.3, 7.4, 7.5 et 7.7.

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.

7.9.1 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 7.9-1).

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.

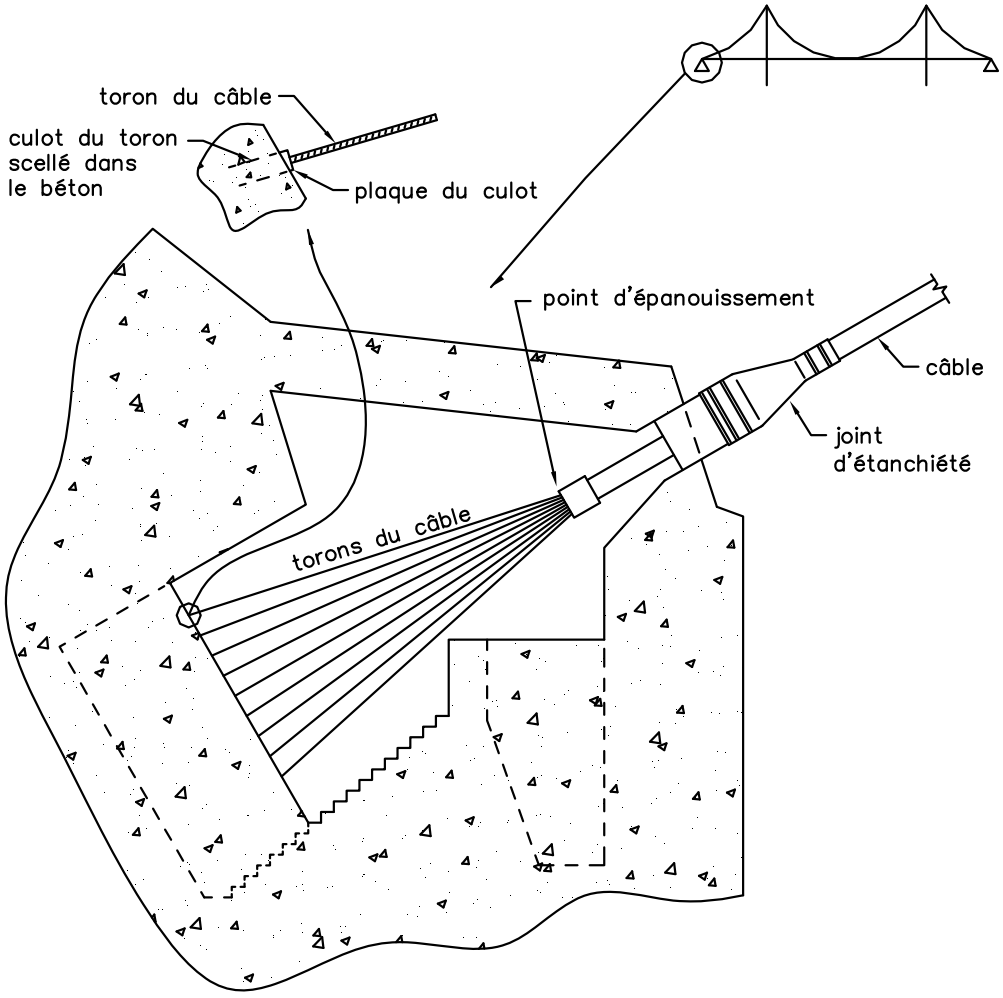
Une attention particulière doit être portée lors de l'inspection afin de déceler tout signe précurseur ou apparent de déplacement d'un massif. Ce déplacement peut être causé par de l'affouillement à la fondation, par une rupture des ancrages du massif au roc ou encore, par un séisme.

7.9.2 La chambre d'épanouissement des câbles

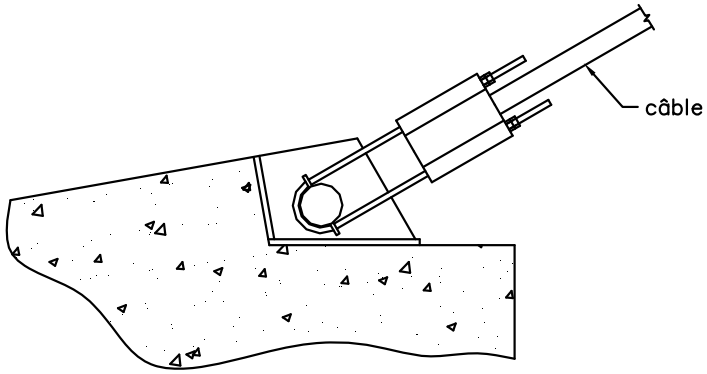
La chambre d'épanouissement fait partie du massif d'ancrage et elle est la zone où les câbles porteurs constitués de plusieurs fils ou torons sont séparés en vue de leur ancrage au massif (figure 7.9-1).

Les principaux défauts associés à cette salle 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'où l'importance de tenir ces chambres relativement sans humidité, certaines chambres possèdent d'ailleurs un système de déshumidification.

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 ».



MASSIF D'ANCRAGE AVEC CHAMBRE D'ÉPANOUISSEMENT



MASSIF D'ANCRAGE SANS CHAMBRE D'ÉPANOUISSEMENT

Figure 7.9-1 Massifs d'ancrage

7.9.3 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 7.9.2). 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 déglaçants, 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.

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 suintage, 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.

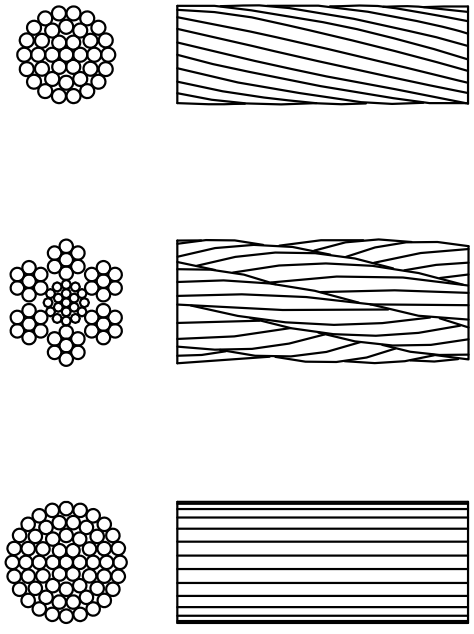


Figure 7.9-2 Types de torons

7.9.4 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 7.9-1). 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 7.9-3).

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, le détoronnage 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.

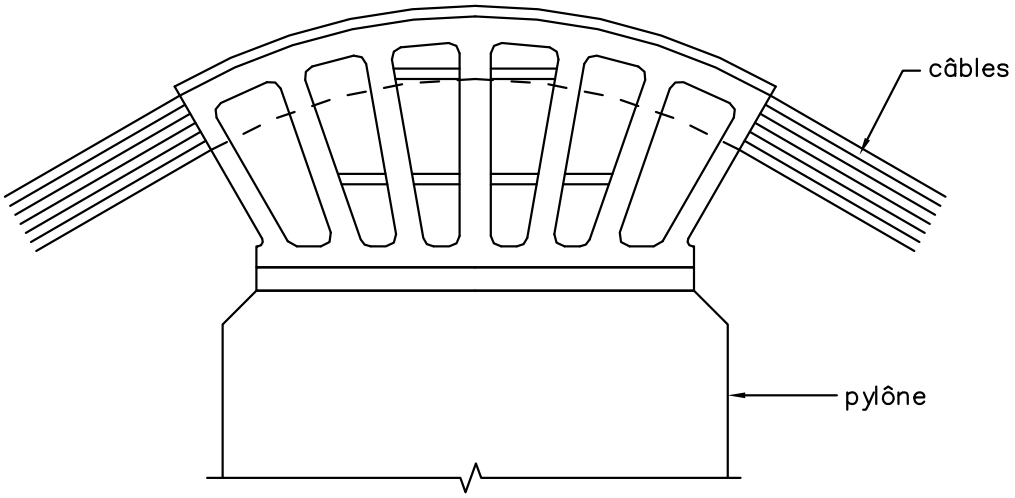


Figure 7.9-3 Selle d'inflexion

La selle d'infléchissement et le collier d'épanouissement

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 7.9-4).

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, le détoronnage de 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.

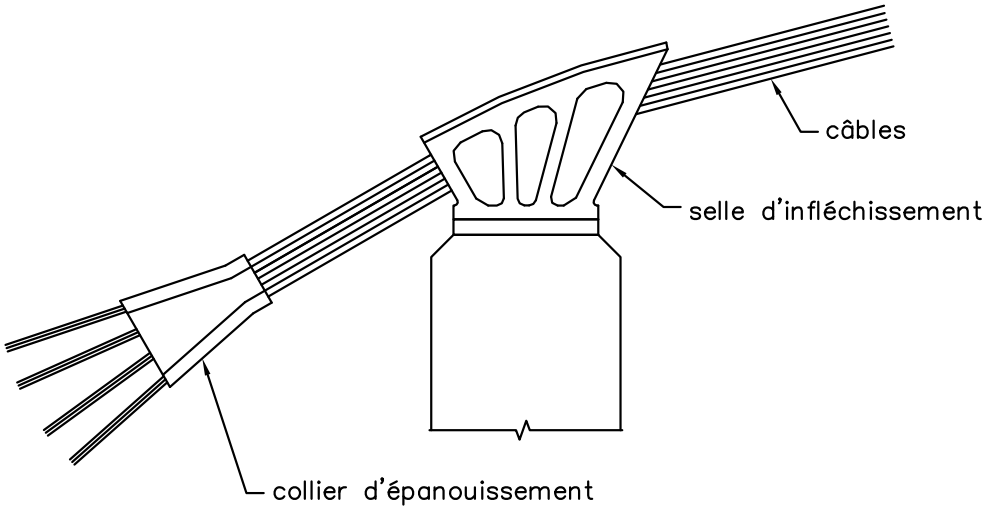


Figure 7.9-4 Selle d'infléchissement et collier d'épanouissement

Les joints d'étanchéité des câbles

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 7.9-1).

Lorsque les joints d'étanchéité sont endommagés, l'eau et l'humidité y pénètrent, favorisant ainsi la corrosion des torons.

7.9.5 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 7.9-5).

Les défauts des suspentes sont semblables à ceux du câble porteur décrits à la section 7.9.3.

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.

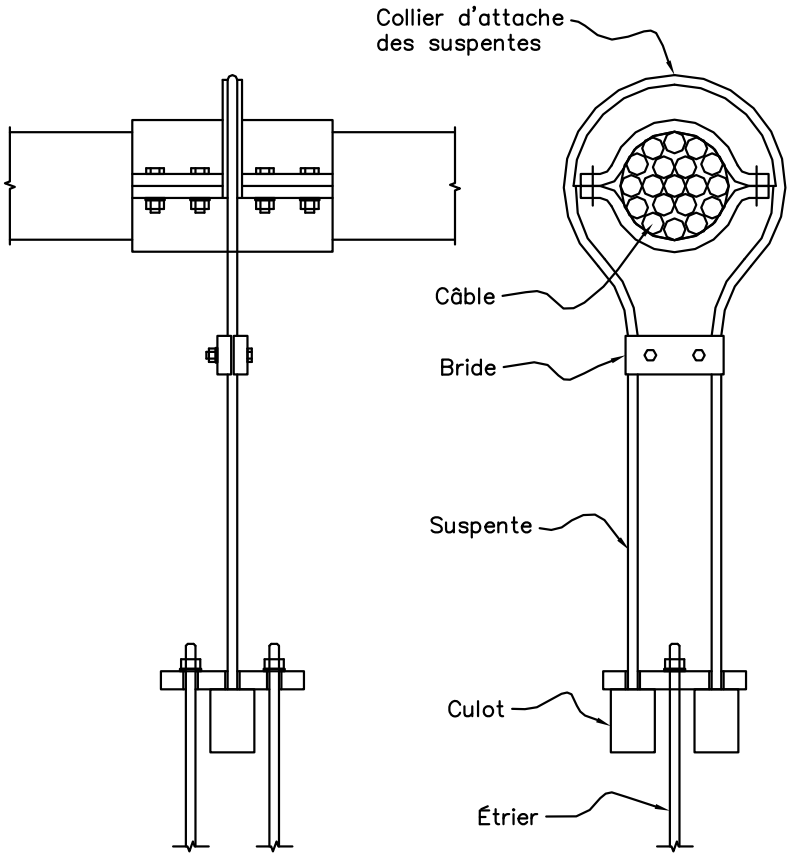


Figure 7.9-5 Suspente et accessoires

7.9.6 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 7.9-6).

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.

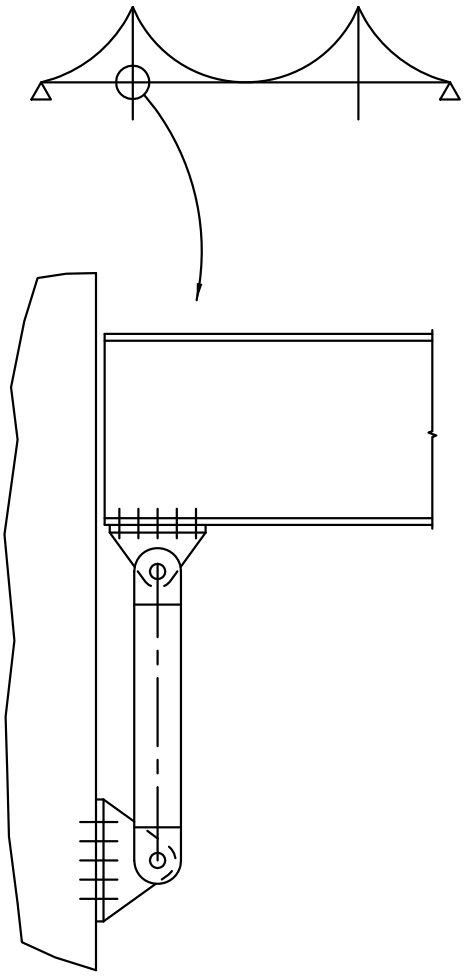


Figure 7.9-6 Bras d'articulation

7.9.7 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 7.9-7).

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.

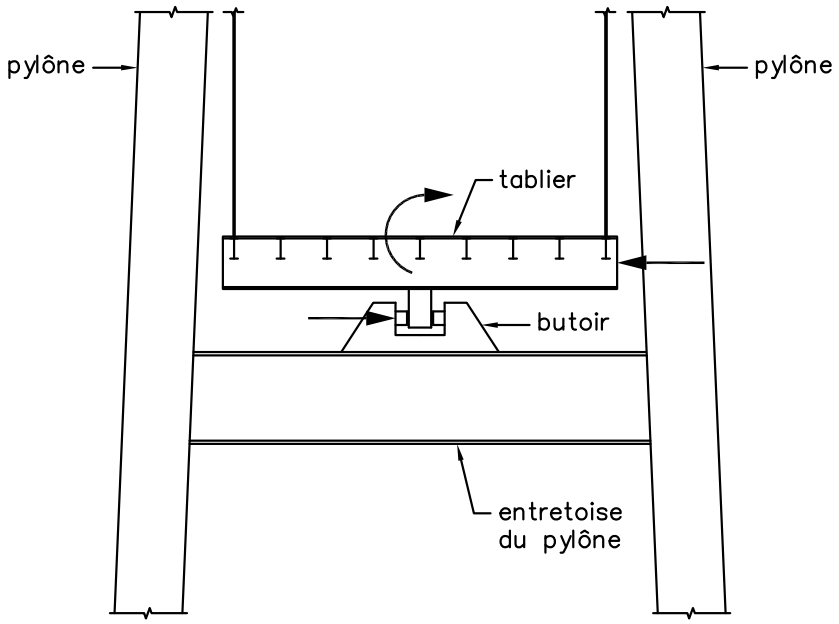


Figure 7.9-7 Butoir

7.9.8 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 7.9.3.

7.10 LE PONT À HAUBANS

Un pont haubané est caractérisé par un tablier supporté par des câbles porteurs à haute résistance prétensionnés, eux-mêmes fixés à des pylônes. La disposition des haubans peut se présenter sous forme d'éventail, de harpe ou une combinaison des deux.

Les éléments spécifiques des ponts à haubans sont traités dans la présente section. Il s'agit des éléments présentés ci-dessous :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance[(1)]**	**Quantité**
Pont à haubans	Haubans et accessoires : Selles d'inflexion Joints d'étanchéité	P	Nombre
	Sabots d'attache	P	Nombre
	Bras d'articulation	P	Nombre
	Butoirs	P	Nombre

(1) P : principal S : secondaire

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 7.3, 7.4, 7.5 et 7.7.

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.

7.10.1 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.

7.10.2 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 7.9.4 « Les accessoires du câble porteur ».

7.10.3 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 7.10-1).

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.

7.10.4 L'ancrage des haubans

L'ancrage au tablier

Les haubans sont attachés à la structure du tablier par des sabots d'attache (figure 7.10-1). 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.

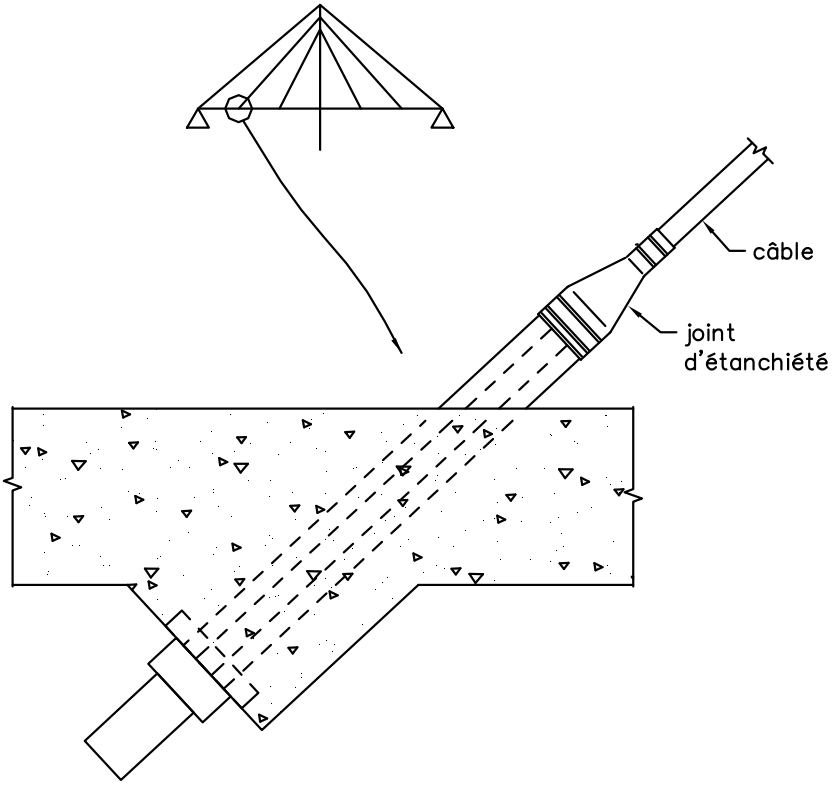


Figure 7.10-1 Sabot d'attache des haubans au tablier

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.

7.10.5 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 7.10-2).

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.

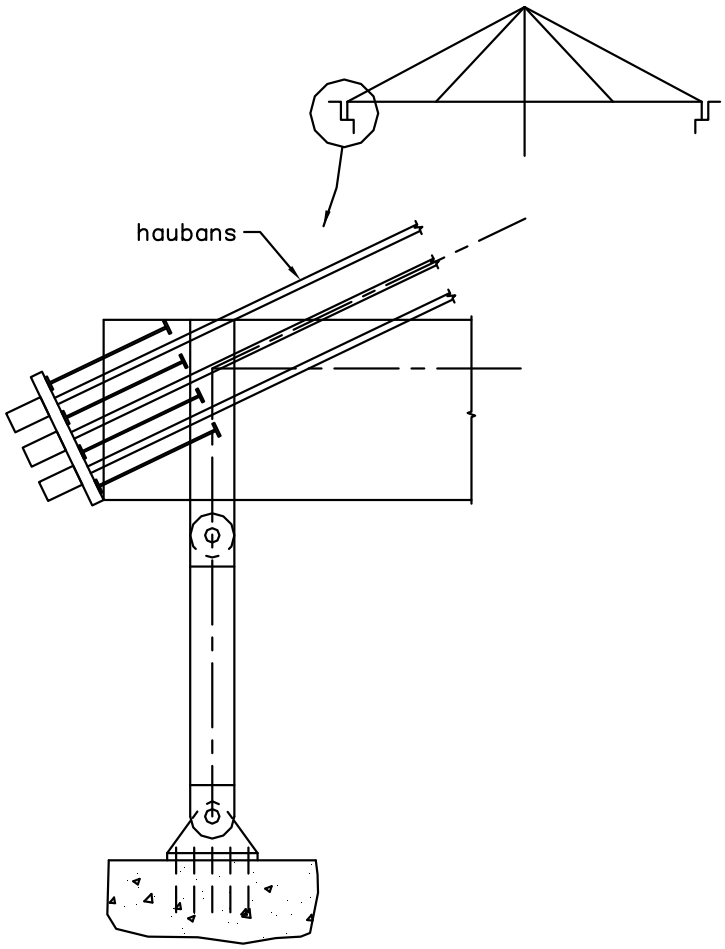


Figure 7.10-2 Bras d'articulation

7.10.6 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 7.9-7).

Les principaux défauts influençant le comportement des butoirs sont les mêmes que pour les ponts suspendus. Ils sont décrits à la section 7.9.7 « Les butoirs ».

7.11 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.

Les éléments qui font partie du groupe « Pont couvert » sont traités dans la présente section. Il s'agit des éléments présentés ci-dessous :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance(1)**	**Quantité(2)**
Pont couvert	Tirant	P	Nombre
	Lambris	S	Surface
	Toiture	S	Surface

(1) P : principal S : secondaire

(2) Les formules de calcul complètes sont présentées dans le *Manuel d'inventaire des structures.*

L'évaluation de l'état du système structural est réalisée comme pour les poutres triangulées en acier sauf que le matériau est le bois. Il en est de même pour l'évaluation des contreventements, du tablier (longerons et entretoises), ainsi que du platelage (traverses et plancher). Il reste donc trois éléments spécifiques aux ponts couverts, soit les tirants, le lambris et la toiture.

7.11.1 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.

7.11.2 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.

7.11.3 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 pièces de bois (pannes fixées aux chevrons). L'ensemble est appuyé sur les cordes supérieures des poutres triangulées et les contreventements supérieurs. Les défauts qui l'affectent sont les défauts des différents matériaux, c'est-à-dire le bois et l'acier.

7.12 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 présentés au chapitre 4;

et

les critères spécifiques d'évaluation de l'état du matériau pour ces éléments présentés au tableau 7.12-1.

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).

De plus, les éléments ou les endroits suivants doivent être inspectés avec une attention particulière :

- les éléments situés sous un joint de tablier ou un joint de construction, car ils sont susceptibles d'être exposés au ruissellement;
- les éléments susceptibles d'accumuler du sel 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;

- 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 et 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.

Tableau 7.12-1 Critères spécifiques – Matériaux – Systèmes structuraux

Défauts de matériaux observés	État			
	A	B	C	D
1 - Défaut du **béton** (désagrégation, érosion par abrasion, corrosion de l'armature, délaminage, éclatement ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
2 - Défaut de l'**acier** ou de l'**aluminium** (corrosion ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
3 - Défauts du **bois** (pourriture, trou d'insecte ou usure par abrasion)	aucun à léger	moyen	important	très important

7.13 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

7.13.1 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 7.13-1.

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. Dans le cas de défauts importants et très importants, toutes les données pertinentes pouvant être utiles à l'ingénieur responsable de l'inspection doivent être notées.

Les éléments en béton situés au-dessus d'une piste cyclable, d'une voie piétonnière, d'une voie de chemin de fer ou d'une voie de circulation doivent être inspectés minutieusement de manière à détecter tous les fragments de béton susceptibles de tomber, afin d'éliminer le risque de détachement et de chute. Le détachement des fragments peut se faire lors de l'inspection ou doit être recommandé comme une activité à réaliser. Lorsque l'opération ne peut se faire lors de l'inspection, le risque de détachement de fragments de béton doit être noté dans la case « Risque de chute de fragments de béton (sécurité) » et ce risque doit être signalé à la personne responsable. Cependant, aucune cote de comportement n'est attribuée spécifiquement pour ce type de défaut.

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 (CEC).

7.13.2 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 les 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'élément en compression (flambement, voilement, écrasement);
- les altérations physiques dans les éléments en bois (fêlure, écrasement).

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 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 du béton précontraint, les types de fissures énumérés ci-dessous ne doivent pas être considérés dans le tableau 7.13-1 :

- les fissures le long des câbles de précontrainte;
- les fissures à la liaison entre l'âme et la semelle inférieure;

- les fissures à la liaison entre l'âme et la semelle supérieure;
- les fissures d'extrémité;
- les fissures des zones de continuité sur appui.

Dans le cas des poutres et des diaphragmes en béton armé ou en béton précontraint, un avis technique sur la fissuration du béton, décrit dans le chapitre 3 « Système d'évaluation de l'état », doit être demandé lorsque les cotes de comportement attribuées à partir du tableau 7.13-1 sont égales à 3 ou 1. Comme indiqué dans le même tableau, il n'est pas possible d'attribuer une cote CEC = 2 dans le cas d'un défaut de fissuration.

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.

Certains défauts affectant le comportement comme les dépôts dans les éléments en béton, la flèche permanente de l'élément, le désalignement d'éléments comprimés en acier doivent aussi être notés et portés à l'attention de l'ingénieur responsable.

Tableau 7.13-1 Critères spécifiques – Comportement – Systèmes structuraux

Défauts de comportement observés	Cote			
	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 supporter 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 %)
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 joint de **poutre principale**				présence
5 - Absence/manque de **boulons** ou de **rivets** pour tout assemblage **autre** qu'un joint de poutre principale (boulons manquants p/r à la totalité des boulons d'un assemblage)	inférieur à 10 %	de 10 à 20 %	de 20 à 30 %	plus de 30 %
6 - Fissure dans un élément en **acier** ou en **aluminium**				présence [(1)]
7 - Flambement, voilement ou autre déformation dans une zone en compression observé sur un élément en **acier**				présence
8 - Flèche ou vibration d'un élément (ou de ses assemblages) lors du passage d'un camion lourd sur la structure	aucune à légère	appréciable	importante	très importante
9 - **Fêlure ou écrasement ou rupture** observé sur un élément **principa**l en **bois**				présence
10 - Fêlure ou écrasement ou rupture observé sur un élément **secondaire** en **bois**	aucun à léger	appréciable	important	très important

Tableau 7.13-1 Critères spécifiques – Comportement – Systèmes structuraux (suite)

Défauts de comportement observés	Cote			
	4	**3**	**2**	**1**
11 - Pièce mal assujettie affectant la capacité d'un élément	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
12 - Position inadéquate des **contreventements** ou des **diaphragmes** par rapport à la semelle comprimée des poutres en acier			présence	
13- Absence de contreventements entre les poutres d'un pont **acier-bois**				présence [2]
14 - Fissure dans le béton				
Pour le béton précontraint : **ne pas considérer** fissure le long des câbles de précontrainte, fissure à la liaison entre l'âme et les semelles, fissure d'extrémité et fissure des zones de continuité sur appui				
Fissure (flexion ou cisaillement) dans une poutre en béton précontraint avec ouverture	< 0,05 mm	0,05 à 0,15 mm [3]		> 0,15 mm [3]
Fissure (flexion) dans une poutre en béton armé avec ouverture	< 0,8 mm	0,8 à 3,0 mm [3]		> 3,0 mm [3]
Fissure (cisaillement) dans une poutre en béton armé avec ouverture	< 0,8 mm	0,8 à 1,5 mm [3]		> 1,5 mm [3]
Fissure (flexion ou cisaillement) dans un élément secondaire (diaphragme) en béton avec ouverture	< 1,5 mm	> 1,5 mm [3]		

[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] La cote est obligatoirement associée à une demande d'avis technique de fissuration.

7.14 EXEMPLES

7.14.1 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 minime 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 longueur;
- Désagrégation légère (de 0 à 25 mm) sur le reste de l'élément;
- Défauts pouvant réduire de l'ordre de 20 % la capacité de la poutre à supporter les charges.

Matériau : A = 75 %, B = 0%, C = 20 %, D = 5 % Comportement (CEC) : 2

7.14.2 Poutres en béton précontraint

Exemple 4

Élément : Poutre en béton précontraint

Défauts observés :

- Fissure de 2 mm à la semelle inférieure (surface équivalente de 1 %) ;
- Délaminage sur la moitié de la longueur de la poutre (correspondant à 20 % de la surface);
- Trace de rouille sur 20 % de la surface affectant de moins de 10 % la capacité à supporter les charges.

Matériau : A = 59 %, B = 20 %, C = 21 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 4

Exemple 5

Élément : Poutre en béton précontraint

Défauts observés :

- Éclatement du béton (25 % de la section) sur 20 % de la longueur de la poutre;
- Corrosion très importante de l'acier de précontrainte sur environ 1 % et fissure de cisaillement dans la poutre en béton précontraint.

Matériau : A = 94 %, B = 0%, C = 5 %, D = 1 % Comportement (CEC) : 1

Urgence! Action immédiate

7.14.3 Poutres en acier

Exemple 6

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;
- Rouille importante avec lamelles sur 40 % de la surface totale;
- Rouille moyenne sur 50 % de la surface.

Matériau : A = 0 %, B = 50 %, C = 40 %, D = 10 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 7

Élément : Poutre en acier

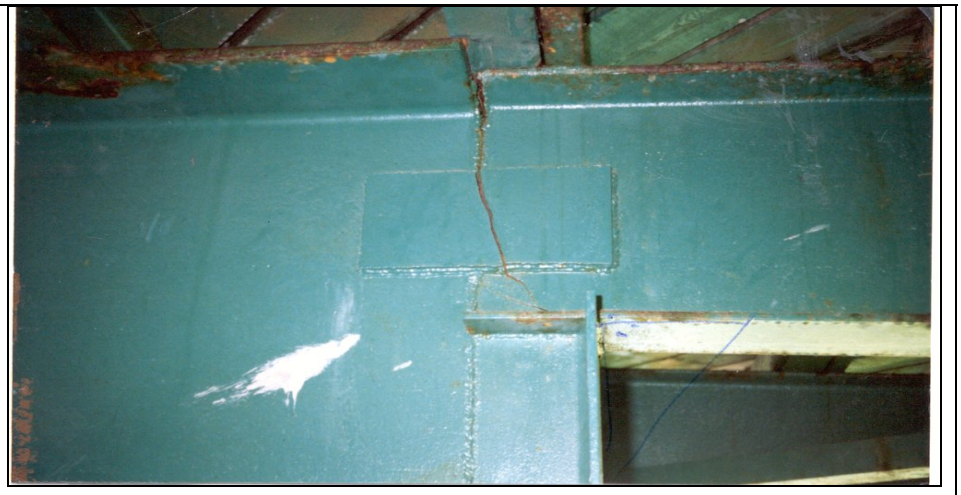
Défauts observés :

- Corrosion importante et lamelles à l'extrémité correspondant à 5 % de la surface totale;
- Corrosion moyenne de toutes les surfaces sur 20 % de la longueur de la poutre.

Matériau : A = 75 %, B = 20 %, C = 5 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 3

Exemple 8

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

7.14.4 Poutres triangulées

Exemple 9

Élément : Corde inférieure d'une poutre triangulée

Défauts observés :

- Rouille moyenne avec piqûres sur 40 % de la surface;
- Rouille légère et corrosion 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 10

Élément : Montants
d'une poutre triangulée

Défauts observés :

- Fissure localisée sur un montant (surface équivalente de 1 % par rapport à l'ensemble des montants);
- Rouille moyenne avec piqûres sur 25 % de la surface totale des montants;
- Rouille 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

Exemple 11

Élément : Assemblages d'une poutre triangulée

Défauts observés :

- Corrosion très importante avec perforation sur 25 % des assemblages de la poutre;
- Corrosion moyenne avec piqûres 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 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 section 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

7.14.5 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

7.14.6 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;
- Rouille importante avec lamelles sur 40 % du contreventement;
- Rouille 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

Défauts observés :

- Corrosion légère sur plus de 40 % des surfaces causant une perte de section de l'acier inférieure à 10 %.

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 tôle ondulée avec béton	8-7
8.2.8	Le système de plaques sandwich (SPS)	8-7
8.3	**LES CÔTÉS EXTÉRIEURS**	8-8
8.4	**LA SURFACE DE ROULEMENT**	8-8
8.4.1	La surface en enrobé	8-8
8.4.2	Le plancher en bois	8-9
8.5	**LE SYSTÈME DE DRAINAGE**	8-9
8.6	**L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU**	8-10
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**	8-17
8.8.1	Le platelage	8-17
8.8.2	Le côté extérieur	8-21
8.8.3	La surface de roulement	8-22
8.8.4	Le système de drainage	8-24

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 8.7-1 Critères spécifiques – Comportement – Platelage et côté extérieur 8-15
Tableau 8.7-2 Critères spécifiques – Comportement – Surface de roulement 8-16
Tableau 8.7-3 Critères spécifiques – Comportement – Système de drainage 8-16

LISTE DES FIGURES

Figure 8.2-1 Fissuration d'une dalle biaise 8-4
Figure 8.2-2 Fissuration des portiques 8-5

8.1 GÉNÉRALITÉS

Les éléments qui font partie du groupe « Platelage » sont traités dans le présent chapitre. Il s'agit des éléments présentés ci-dessous :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance[(1)]**	**Quantité[(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 se trouvent 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 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 déglaçants qui sont à l'origine des défauts du béton et, par conséquent, des défauts de la dalle.

Les solutions contenant des chlorures 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.

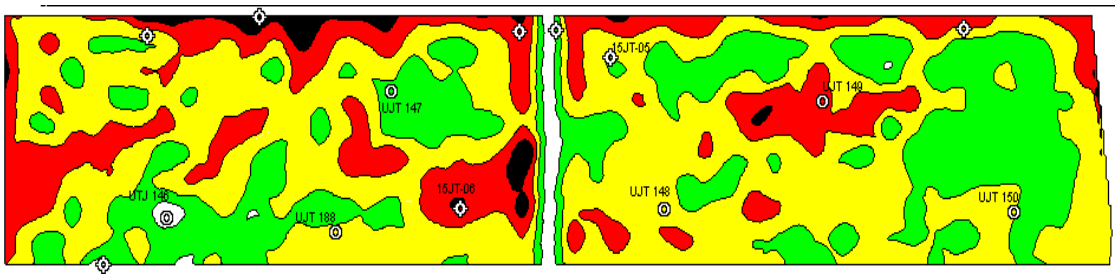
Une mauvaise qualité du matériau, une mise en œuvre incorrecte et des armatures placées trop près de la surface sont d'autres facteurs qui favorisent la détérioration de la dalle.

Pour une dalle recouverte d'enrobé, les défauts du béton peuvent être reflétés par des fissures polygonales qui apparaissent à la surface de l'enrobé. La présence d'humidité sous la dalle et la présence de dépôts (efflorescences et stalactites) témoignent 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.

L'examen fait à l'aide de la méthode du relevé de potentiel de corrosion donne une indication des dommages potentiels d'une dalle. Un exemple de résultats d'analyse est montré ci-dessous.



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 supports, 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 qui pénètre par le dessus de la dalle peut s'infiltrer et s'accumuler dans les parties inférieures et provoquer 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. Les défauts ne peuvent donc être détectés que par l'observation d'eau qui coule par les drains ou qui suinte sous la dalle, ou 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 région.

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 8.2-1.

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.

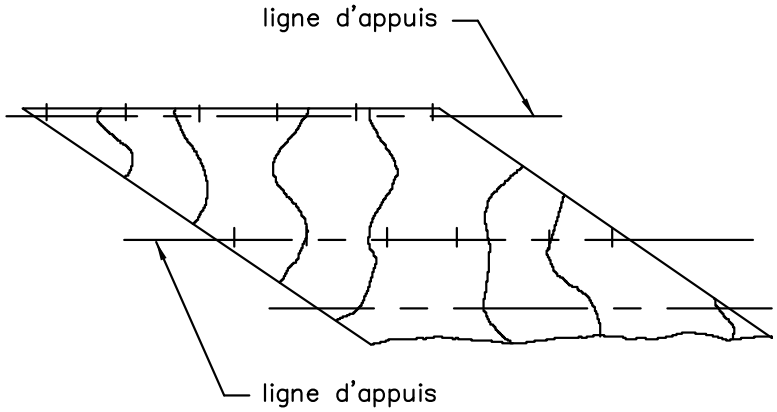


Figure 8.2-1 Fissuration d'une dalle biaise

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 » du présent manuel.

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 8.2-2 montre la fissuration des portiques.

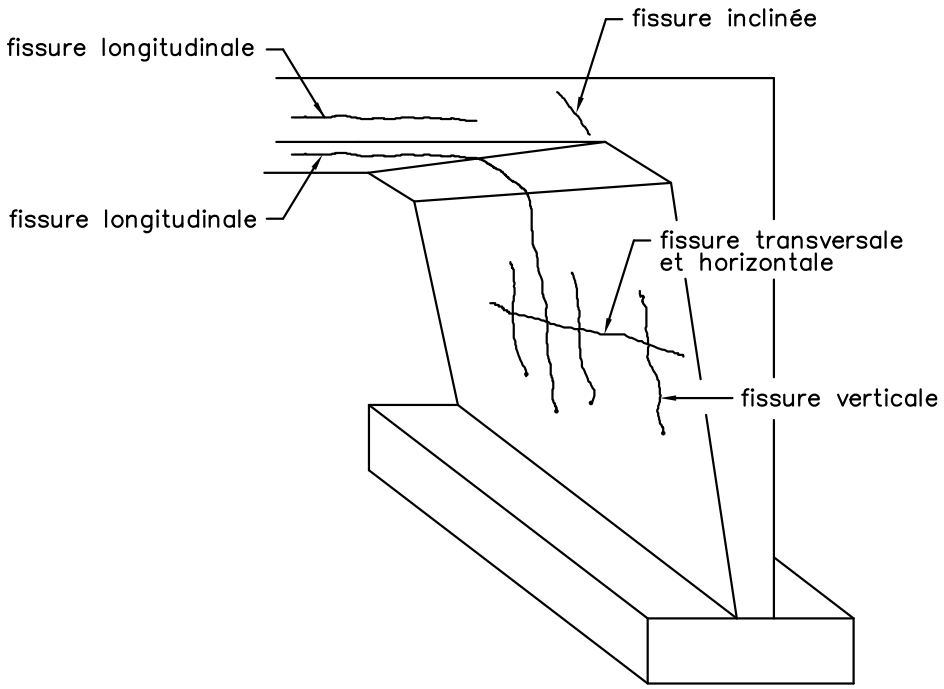


Figure 8.2-2 Fissuration des portiques

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 8.2-1 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.

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 madriers qui se relèvent lors du passage des véhicules et les clous qui ressortent à la surface sont des signes d'un plancher pouvant être potentiellement dangereux.

Le gravier entraîné sur le platelage par les véhicules ou lors d'opérations de nivellement des approches entraîne l'usure du bois par abrasion.

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 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 déglaçants 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 déglaçants.

8.2.7 Le platelage en tôle ondulée avec béton

Le platelage en tôle ondulée est constitué d'une tôle ondulée en acier galvanisé recouverte d'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 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 déglaçants 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 est assez récent et très peu utilisé.

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.

8.3 LES CÔTÉS EXTÉRIEURS

Les côtés extérieurs du platelage sont inspectés et évalués de façon distincte du reste du platelage lorsque ce dernier est en béton. Les côtés extérieurs sont séparés du reste du platelage, car ils sont plus exposés aux intempéries et donc plus souvent endommagés.

L'évaluation de l'état des côtés extérieurs se fait à partir des défauts de matériaux relatifs au béton (désagrégation, délaminage, éclatement et corrosion des armatures) 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 roulent les véhicules qui circulent 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 La surface en enrobé

Les défauts de la surface de roulement en enrobé sont reliés aux défauts du matériau lui-même tels que la fissuration, le nid-de-poule, l'orniérage ou les ondulations. La surface peut aussi 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 déglaçage 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 le contrôle des véhicules.

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.

Il est possible d'observer également que des madriers sont manquants ou mal assujettis (exemple : des clous qui ressortent à la surface) ou qu'il y a accumulation de sable ou de gravier qui peut rendre la surface glissante.

De plus, l'espacement entre les madriers du plancher peut présenter un risque pour les cyclistes si cet espacement dépasse 12 mm et qu'il n'y a pas de signalisation en place afin d'avertir les cyclistes du danger potentiel. En effet, un espacement trop grand entre les pièces de bois d'un plancher longitudinal pourrait permettre le coincement d'un pneu de bicyclette entre les pièces.

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. Seule l'inspection du système de drainage du tablier du pont est traitée dans le présent chapitre. 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 constituer un risque pour les automobilistes. Les défauts des systèmes 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 et rendre la conduite dangereuse pour les automobilistes. L'eau évacuée par un drain trop court peut éclabousser les éléments en béton ou en acier des unités de fondation ou du système structural 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 en béton ou en acier de la structure. 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.

8.6 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU

Selon le principe général du système d'évaluation de l'état, l'état des matériaux et le comportement des éléments doivent être évalués. Toutefois, pour l'inspection du système de drainage, seul le comportement de cet élément doit être évalué.

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 présentés au chapitre 4;

et

les critères spécifiques d'évaluation de l'état du matériau pour ces éléments présentés aux tableaux 8.6-1 et 8.6-2.

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).

Tableau 8.6-1 Critères spécifiques – Matériaux – Platelage et côté extérieur

Défauts de matériaux observés	**État**			
	A	**B**	**C**	**D**
1 - **Détérioration** de la dalle et des côtés extérieurs	aucun à léger	moyen	important	très important
1a - Défaut du **béton** (désagrégation, érosion par abrasion, corrosion de l'armature, délaminage, éclatement ou fissuration) observé pour le dessous de dalle ou le côté extérieur de dalle				
1b - Dégradation ou fissuration de l'**enrobé**	aucune à légère	moyenne	importante et résidus de béton non visibles	très importante avec résidus de béton visibles
1c - Relevé de **potentiel de corrosion** [(1)]	vert	jaune	rouge	noir
2 - Défaut de l'**acier** (corrosion ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
3 - Défaut du **bois** (pourriture, trou d'insecte ou usure par abrasion)	aucun à léger	moyen	important	très important
[(1)] Le relevé de potentiel de corrosion donne une indication de dommages potentiels d'une dalle.				

Tableau 8.6-2 Critères spécifiques – Matériaux – Surface de roulement

Défauts de matériaux observés	**État**			
	A	**B**	**C**	**D**
1 - Défaut de l'**enrobé**	aucun à léger	moyen	important	très important
2 - Défaut du **bois** (pourriture, trou d'insecte ou usure par abrasion)	aucun à léger	moyen	important	très important

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. Dans le cas de défauts importants et très importants, toutes les données pertinentes pouvant être utiles à l'ingénieur responsable de l'inspection doivent être notées.

Les éléments en béton situés au-dessus d'une piste cyclable, d'une voie piétonnière, d'une voie de chemin de fer ou d'une voie de circulation doivent être inspectés minutieusement de manière à détecter tous les fragments de béton susceptibles de tomber, afin d'éliminer le risque de détachement et de chute. Le détachement des fragments peut se faire lors de l'inspection ou doit être recommandé comme une activité à réaliser. Lorsque l'opération ne peut se faire lors de l'inspection, le risque de détachement de fragments de béton doit être noté dans la case « Risque de chute de fragments de béton (sécurité) » et ce risque doit être signalé à la personne responsable. Cependant, aucune cote de comportement n'est attribuée spécifiquement pour ce type de défaut.

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 (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 pouvant affecter le contrôle des véhicules lorsque le platelage joue également le rôle de surface de roulement.

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, un avis technique sur la fissuration du béton, telle que décrite au chapitre 3 « Système d'évaluation de l'état », doit être demandé lorsque les cotes de comportement attribuées à partir du tableau 8.7-1 sont égales à 3 ou 1. Comme indiqué dans le même tableau il n'est pas possible d'attribuer une cote CEC = 2 dans le cas d'un défaut de fissuration.

Pour ce qui est de la flèche ou de la vibration de l'élément sous les charges vives, 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;
- la surface de roulement inégale ou glissante;
- les pièces de bois cassées ou mal assujetties;
- l'espacement entre les pièces de bois longitudinales d'un plancher qui peuvent présenter un danger pour les cyclistes.

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 fixation non sécuritaire 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	Cote			
	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	aucun à léger	appréciable	important	très important
4 - Pièce mal assujettie affectant la capacité d'un élément	aucunement à légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
5 - Surface inégale ou glissante affectant le contrôle d'un véhicule (lorsque utilisée directement comme surface de roulement)	légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
6 - Fissure dans le béton				
Pour le béton précontraint : **ne pas considérer** fissure le long des câbles de précontrainte, fissure à la liaison entre l'âme et les semelles, fissure d'extrémité et fissure des zones de continuité sur appui				
Fissure (flexion ou cisaillement) dans une dalle épaisse en béton précontraint avec ouverture	< 0,05 mm (2)	0,05 à 0,15 mm (1) (2)		> 0,15 mm (1) (2)
Fissure (flexion) dans une dalle épaisse en béton armé avec ouverture	< 0,8 mm	0,8 à 3,0 mm (1)		> 3,0 mm (1)
Fissure (cisaillement) dans une dalle épaisse en béton armé avec ouverture	< 0,8 mm (2)	0,8 à 1,5 mm (1) (2)		> 1,5 mm (1) (2)
(1) La cote est obligatoirement associée à une demande d'avis technique de fissuration.				
(2) Pour les **dalles épaisses sans armature de cisaillement**, attribuer une cote de 1 dès qu'une fissure de cisaillement est détectée. Cette cote est obligatoirement associée à une demande d'avis technique de fissuration.				

Tableau 8.7-2 Critères spécifiques – Comportement – Surface de roulement

Défauts de comportement observés	**Cote**			
	4	**3**	**2**	**1**
1 - Défauts de matériaux de la surface de roulement affectant la protection du platelage	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 - Surface de roulement **inégale ou glissante** affectant le contrôle d'un véhicule	légèrement	de façon appréciable	de façon importante	de façon très importante
3 - Pièce de bois cassée, pourrie, mal assujettie ou manquante présentant un danger pour les usagers	aucun à léger	appréciable	important	très important
4 - Espacement entre les pièces de bois d'un plancher longitudinal (**plus grand que 12 mm**) présentant un danger non affiché pour les cyclistes				présence

Tableau 8.7-3 Critères spécifiques – Comportement – Système de drainage

Défauts de comportement observés	**Cote**			
	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.

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;
- Rouille 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

Défauts observés :

- 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 technique 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 le contrôle d'un véhicule.

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 présentant un danger pour les cyclistes.
- Il n'y a pas de panneau de signalisation pour informer les cyclistes du danger.

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

Défauts observés :

- 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

Défauts observés :

- 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

Défauts observés :

- 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

Défauts observés :

- 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

9.3 LE DISPOSITIF DE RETENUE 9-3

9.3.1 Les défauts du dispositif de retenue 9-3
9.3.2 Les anciens modèles de dispositifs de retenue 9-4

9.4 LE JOINT DE TABLIER 9-5

9.4.1 Les défauts du joint de tablier 9-5

9.5 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU 9-8

9.6 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT 9-11

9.6.1 Général 9-11
9.6.2 Évaluation du chasse-roue, du trottoir et de la bande médiane 9-11
9.6.3 Évaluation du dispositif de retenue 9-12
9.6.4 Évaluation du joint de tablier 9-12

9.7 EXEMPLES 9-15

9.7.1 Le chasse-roue et le trottoir 9-15
9.7.2 Le dispositif de retenue 9-17
9.7.3 Le joint de tablier 9-20

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 9.5-1 Critères spécifiques – Matériau – Chasse-roue, trottoir et bande médiane 9-9
Tableau 9.5-2 Critères spécifiques – Matériau – Dispositif de retenue 9-9
Tableau 9.5-3 Critères spécifiques – Matériau – Joint de tablier 9-10
Tableau 9.6-1 Critères spécifiques – Comportement – Chasse-roue, trottoir et bande médiane 9-13
Tableau 9.6-2 Critères spécifiques – Comportement – Dispositif de retenue 9-13
Tableau 9.6-3 Critères spécifiques – Comportement – Joint de tablier 9-14

9.1 GÉNÉRALITÉS

Les éléments de tablier dont il est question dans le présent chapitre sont les suivants :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance[(1)]**	**Quantité[(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, car il redresse la trajectoire des véhicules lorsque ceux-ci quittent accidentellement la largeur carrossable du tablier. Il est également utilisé pour canaliser 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 déglaçants, 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 le comportement de ces éléments et, par conséquent, la sécurité des usagers.

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 donc présenter un grave danger pour les usagers en plus d'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 très dangereux pour les véhicules.

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 deviennent des tremplins pour les véhicules.

Dans le cas particulier des trottoirs, leurs défauts peuvent également affecter la sécurité des piétons. En effet, des cavités dues à l'éclatement du béton, des trous causés par la rouille ou résultant de l'arrachement d'une planche, des clous qui ressortent à la surface, des planches endommagées par la pourriture ou non assujetties 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.

Des assemblages relâchés ou endommagés par la corrosion de l'acier présentent également des risques pour les piétons qui empruntent un trottoir fixé en porte-à-faux sur le côté extérieur de la structure.

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, ou de se retrouver sur le trottoir ou dans la voie de circulation venant en sens inverse.

Les garde-fous, quant à eux, ont pour fonction d'empêcher les piétons et les cyclistes de tomber en bas du pont. Pour cette raison, ils sont conçus pour résister à des charges latérales assez faibles et leur hauteur est suffisamment grande afin de 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 boulons d'ancrage noyés dans le béton, sauf pour les ponts acier-bois où ils sont boulonnés 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 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 présente un danger potentiel.

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 est également possible 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.

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; certains trous ronds auraient dû être 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.

Certains joints ou l'absence de joints entre les lisses assurent parfois mal la continuité des lisses.

De plus, la lisse en tôle ondulée des dispositifs de retenue peut se transformer en obstacle lorsque le chevauchement des sections des lisses pour leur assemblage est disposé en sens inverse de la direction de la circulation.

9.3.2 Les anciens modèles de dispositifs de retenue

Au cours des années, de nombreux modèles de dispositifs 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 respectent 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, soit :

- hauteur trop faible;
- résistance trop faible aux efforts latéraux;
- lisses non continues;
- lisses non placées devant les poteaux;
- dimensions des ouvertures de plus de 150 mm dans le cas des dispositifs de retenue de trottoirs.

Toutefois, pour ces anciens modèles de dispositifs qui n'ont pas été conçus en vue de résister à l'impact des véhicules d'aujourd'hui, le niveau de protection qu'ils doivent offrir aux usagers doit correspondre à 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 présentent un danger potentiel pour les usagers.

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 principalement dus 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 empêchent le passage de l'eau et des débris et protègent ainsi de la dégradation les éléments situés sous le joint.

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. Les défauts de matériaux du béton, de l'acier et de la garniture peuvent affecter le comportement des joints de tablier. 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 du joint de tablier

Les principaux défauts de matériaux des joints de tablier pour lesquels une attention particulière doit donc être portée lors de l'inspection sont les suivants :

- les défauts du béton tels que l'usure, la désagrégation ou l'éclatement qui affectent les épaulements situés de chaque côté du joint;
- le desserrement, la fissuration ou la rupture des ancrages ou des boulons;
- la fissuration des soudures qui fixent les cornières ou la fissuration des plaques ou tout autre élément d'assemblage du joint;
- la corrosion ou la fissuration des éléments en acier.

Les principaux défauts propres aux joints ouverts sont :

- le bris, le soulèvement ou l'arrachement des éléments en acier situés à la surface du joint;
- le bris des doigts ou des dents;
- le dalot endommagé par la corrosion, fissuré, troué ou déchiré;
- l'absence de plaques sur un joint à dents, à proximité des trottoirs ou des chasse-roues, mettant en danger la sécurité des cyclistes.

Les principaux défauts propres aux joints étanches à garniture sont :

- le décollement, l'arrachement, la fissuration, la déchirure et la perforation de la garniture;
- 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.

Pour un joint à plaques en élastomère, les défauts spécifiques sont le décollement entre les plaques et le béton et le décollement des plaques entre elles. Pour 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.

La perte d'étanchéité d'un joint étanche

La perte d'étanchéité d'un joint étanche est surtout causée par un joint dont la garniture en élastomère est décollée, percée ou absente, ou dont le scellant est séché ou décollé.

L'eau qui fuit par un joint peut également causer des dommages aux éléments en béton ou en acier de la structure.

La perte d'étanchéité du dalot d'un joint

Le dalot qui draine l'eau de ruissellement sous un joint de dilatation peut se remplir graduellement de sable, de gravier et de débris; l'eau provenant du joint peut alors se répandre 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.

Le bris de certaines pièces

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 des joints à plaques ou à doigts et sur les dents des joints à dents. Le claquement du joint indique habituellement la présence d'une pièce de joint qui est mal fixée et peut présenter un danger pour les usagers.

L'accumulation de débris

La présence de débris, de pierres et d'autres déchets empêche le libre passage de l'eau et maintient un état d'humidité qui favorise la détérioration du béton et la corrosion de l'acier. Les débris peuvent aussi nuire au mouvement du tablier et même percer la garniture en élastomère.

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, au déplacement de la dalle de transition à laquelle est fixé le joint ou au blocage d'un appareil d'appui. Il affecte la douceur de roulement sur la chaussée et peut amener une perte d'étanchéité des joints étanches.

Le décalage longitudinal des deux côtés du joint

Le décalage longitudinal 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;
- 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 des deux côtés du joint

Ce défaut amène l'apparition d'une marche d'escalier sur la chaussée et nuit au confort des usagers. De plus, les pièces saillantes peuvent être accrochées par les véhicules de déneigement. Le décalage vertical est le signe d'un désordre plus profond affectant le tablier ou ses appareils d'appui.

9.5 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU

L'évaluation de l'état du matériau doit être réalisée pour les chasse-roues, les trottoirs, les bandes médianes, les dispositifs de retenue ainsi que les joints de tablier. Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les tableaux de défauts des matériaux présentés au chapitre 4;

et

les critères spécifiques d'évaluation de l'état du matériau pour ces éléments présentés aux tableaux 9.5-1 à 9.5-3.

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 Critères spécifiques – Matériau – Chasse-roue, trottoir et bande médiane

Défauts de matériaux observés	État			
	A	B	C	D
1 - Défaut du **béton** (désagrégation, érosion par abrasion, corrosion de l'armature, délaminage, éclatement ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
2 - Défaut de l'**acier** ou de l'**aluminium** (corrosion ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
3 - Défaut du **bois** (pourriture, trou d'insecte ou usure par abrasion)	aucun à léger	moyen	important	très important

Tableau 9.5-2 Critères spécifiques – Matériau – Dispositif de retenue

Défauts de matériaux observés	État			
	A	B	C	D
1 - Défaut du **béton** (désagrégation, érosion par abrasion, corrosion de l'armature, délaminage, éclatement ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
2 - Défaut de l'**acier** ou de l'**aluminium** (corrosion ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
3 - Défaut du **bois** (pourriture ou trou d'insecte)	aucun à léger	moyen	important	très important

Tableau 9.5-3 Critères spécifiques – Matériau – Joint de tablier

Défauts de matériaux observés	État			
	A	**B**	**C**	**D**
1 - Défaut du **béton** (désagrégation, érosion par abrasion, corrosion de l'armature, délaminage, éclatement ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
2 - Défaut de l'**acier** (corrosion ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
3 - Garniture			fissurée, déchirée, perforée, décollée ou arrachée	

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 les chasse-roues, les trottoirs, les bandes médianes, les dispositifs de retenue ainsi que pour les joints 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. Dans le cas de défauts importants et très importants, toutes les données pertinentes pouvant être utiles à l'ingénieur responsable de l'inspection doivent être notées.

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 (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 du côté intérieur de la structure;
- les défauts de matériaux, le déplacement latéral ou la dénivellation présentant un danger;
- les madriers du trottoir cassés, mal assujettis ou manquants présentant un danger pour les piétons.

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 présentant un danger potentiel;
- les pièces mal assujetties présentant un danger pour les usagers.

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 qui présentent un danger pour les usagers;
- 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.

Tableau 9.6-1 Critères spécifiques – Comportement – Chasse-roue, trottoir et bande médiane

Défauts de comportement observés	**Cote**			
	4	**3**	**2**	**1**
1 - Hauteur (H) du chasse-roue ou du côté intérieur du trottoir sur la structure	H ≥ 150 mm	125 ≤ H < 150 mm	100 ≤ H < 125 mm	H < 100 mm
2 - Défauts de matériaux, **déplacement latéral** ou **dénivellation** du trottoir ou du chasse-roue présentant un danger	aucun à léger	appréciable	important	très important
3 - Madriers du trottoir cassés, mal assujettis ou manquants présentant un danger pour les piétons	aucun à léger	appréciable	important	très important
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 %)

Tableau 9.6-2 Critères spécifiques – Comportement – Dispositif de retenue

Défauts de comportement observés	**Cote**			
	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 - Dommage à une glissière ou à un garde-fou présentant un danger potentiel				présence
3 - Pièce **mal assujettie** présentant un danger	aucun à léger	appréciable	important	très important
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 %)

Tableau 9.6-3 Critères spécifiques – Comportement – Joint de tablier

Défauts de comportement observés	Cote			
	4	**3**	**2**	**1**
1 - Décalage vertical, défauts de matériaux ou défauts de **fixation** des pièces d'un joint de tablier présentant un danger	nul à léger	appréciable	important	très important
2 - Défauts de matériaux 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 %)

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 un danger très important pour les usagers.

Matériau : A = 20 %, B = 50 %, C = 20 %, 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 présentant un danger appréciable pour les piétons.

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 sur environ 5 % de la longueur;
- Ancrages brisés sur environ 20 % de la longueur totale;
- Section du dispositif de retenue endommagée présentant un danger potentiel pour les usagers.

Matériau : A = 75 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 25 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 5

Élément : Dispositif de retenue

Défauts observés :

- Lisses endommagées sur environ 15 % de la longueur du dispositif de retenue et n'offrant plus de protection aux usagers.

Matériau : A = 85 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 15 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 6

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 7

Élément : Dispositif de retenue

Défauts observés :

- Endommagement 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;
- Dommages présentant un danger potentiel.

Matériau : A = 0 %, B = 75 %, C = 15 %, D = 10 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 8

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 9

Élément : Dispositif de retenue

Défauts observés :

- Ancrages brisés correspondant à 5 % de la longueur totale;
- 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 = 95 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 5 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 10

Élément : Dispositif de retenue

Défauts observés :

- Fissuration de poteaux correspondant à 10 % de la longueur du dispositif de retenue présentant un danger potentiel.

Matériau : A = 90 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 10 % Comportement (CEC) : 1

9.7.3 Le joint de tablier

Exemple 11

Élément : Plaque d'un joint à plaques

Défauts observés :

- Ancrages lâches et desserrés sur 25 % de la longueur du joint;
- Corrosion moyenne sur le reste du joint;
- Défauts présentant un danger très important pour la sécurité des usagers.

Matériau : A = 0 %, B = 75 %, C = 25 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 12

Élément : Dents d'un joint à dents

Défauts observés :

- Aucun défaut de matériau n'est observé. Cependant, il y a un décalage vertical des côtés du joint présentant un danger très important pour la sécurité des usagers.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 13

Élément : Cornières d'un joint à plus d'une garniture

Défauts observés :

- Endommagement et fissuration de l'une des cornières sur 5 % de la longueur du joint;
- Le reste est en bon état;
- Décalage vertical des pièces du joint présentant un danger important pour les usagers.

Matériau : A = 95 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 5 % Comportement (CEC) : 2

Exemple 14

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 présentant un danger appréciable pour la sécurité des usagers.

Matériau : A = 30 %, B = 0 %, C = 70 %, D =0 % Comportement (CEC) : 3

Exemple 15

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 16

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 17

Élément : Élément en élastomère d'un joint à plaque en élastomère fretté

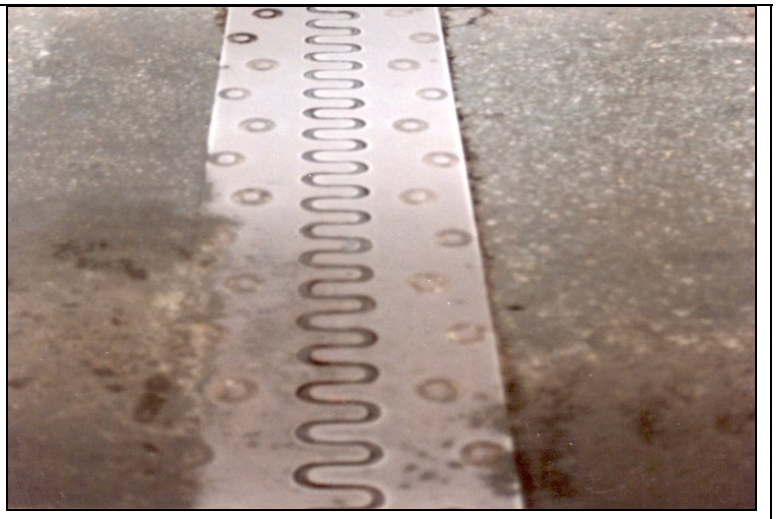
Défauts observés :

- 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 18

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 DES REVÊTEMENTS DE PEINTURE 10-2

10.4 L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU 10-8

10.5 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT 10-10

10.6 EXEMPLES 10-12

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 10.4-1 Critères spécifiques – Matériau – Protection contre la corrosion 10-9
Tableau 10.5-1 Critères spécifiques – Comportement – Protection contre la corrosion 10-11

LISTE DES PHOTOS

Photo 10.3-1 Peinture absente ou corrosion sous le feuil 10-3
Photo 10.3-2 Cloquage 10-4
Photo 10.3-3 Pelage et délaminage 10-4
Photo 10.3-4 Trous d'aiguille 10-5
Photo 10.3-5 Pulvérisation excessive 10-5
Photo 10.3-6 Points de rouille 10-6
Photo 10.3-7 Craquelage 10-6
Photo 10.3-8 Coulures 10-7
Photo 10.3-9 Ombrage ou oubli 10-7
Photo 10.3-10 Inclusion 10-8

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 ci-dessous :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance[(1)]**	**Quantité[(2)]**
Protection contre la corrosion	Acier – Unités de fondation	S	Surface
	Acier – Tablier	S	Surface
	Acier – Poutres triangulées/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 :

- l'application de peinture;
- la métallisation;
- la métallisation suivie de l'application de peinture;
- la galvanisation à chaud;
- d'autres systèmes de protection de l'acier.

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 d'art métalliques contre la corrosion.

Remarque

L'acier patinable (type A ou AT) est un acier qui possède la faculté de former 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. L'acier patinable n'est pas un revêtement de protection. Il n'est donc pas évalué dans le groupe « Protection contre la corrosion » à moins d'avoir un revêtement de protection additionnel.

10.3 LES DÉFAUTS DES REVÊTEMENTS DE PEINTURE

Étant donné leur plus grande utilisation et leur durée de vie plus limitée, il est plus courant d'évaluer l'état des revêtements de peinture sur des surfaces d'acier.

Certains défauts de peinture peuvent être tout simplement le résultat d'un processus de désintégration du feuil 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 destruction totale du revêtement.

La rouille

Le défaut de matériau le plus évident et le plus facilement observable est la présence de rouille en surface. Cette rouille en surface se manifeste le plus couramment selon deux types de répartition, à savoir la rouille généralisée et la rouille par points.

La rouille généralisée est caractérisée par des points ou des zones de rouille de différentes grandeurs qui sont répartis d'une façon uniforme, non concentrée sur la surface d'un élément métallique. Une rouille par points, quant à elle, est caractérisée par une rouille qui est répartie sur la surface métallique sous forme d'un nuage de petits points de rouille (type de rouille associé à des peintures appliquées en couches trop minces). Cependant, une surface rouillée peut être une combinaison des deux types de rouille décrits précédemment.

Le degré de rouille est déterminé en considérant le pourcentage de rouille visible sur la surface inspectée. L'évaluation visuelle du degré de rouille d'une surface d'acier peinturée est basée sur une méthode standard d'évaluation qui établit une gravité de rouille selon le pourcentage de rouille visible existant sur la surface. L'évaluation à partir de cette méthode – "Standard Method of Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces" (SSPC-VIS 2-00) – se fait à partir d'images noir et blanc considérant les différents types de répartition de rouille.

Lorsqu'une accumulation de rouille est évidente sous le revêtement, telle qu'une cloque ou une corrosion sous le feuil (photo 10.3-1), alors cette superficie de rouille doit être considérée dans la détermination du degré de rouille. Par contre, les saletés, les souillures et les décolorations causées par la rouille sur la surface peinturée ne doivent pas être considérées comme de la rouille.

Photo 10.3-1 Peinture absente ou corrosion sous le feuil

D'une façon plus spécifique, selon les caractéristiques du feuil de peinture existant, il est possible de catégoriser les défauts de peinture. Ainsi, les défauts des revêtements peuvent avoir comme origine :

- Une mauvaise conception du système de peintures (choix inadéquat d'un produit pour le milieu d'exposition considéré, incompatibilité des couches entre elles, etc.) Cela peut se traduire par des défauts tels que le farinage et l'érosion.
- Une mauvaise exécution des travaux liés au peinturage (préparation des surfaces inadéquate, épaisseur trop faible du revêtement, application défectueuse, etc.). Cela se traduit habituellement par :

  - des défauts reliés à l'adhérence lorsque la préparation des surfaces avant l'application est insuffisante : cloquage, pelage et délaminage;

  - des défauts reliés à l'application : trous d'aiguille, pulvérisation excessive, points ou piqûres de rouille, craquelage, coulures, ombrage et inclusions.

Le cloquage

Le cloquage se caractérise par la présence de bulles en surface. Les cloques, de différentes dimensions, se développent principalement en des endroits bien localisés où l'adhérence est la plus faible. Une fois crevées, les cloques peuvent contenir ou non du liquide (photo 10.3-2).

Photo 10.3-2 Cloquage

Le pelage et le délaminage

Le pelage et le délaminage sont caractérisés par une perte d'adhésion entre les couches d'un système de peintures (photo 10.3-3).

Photo 10.3-3 Pelage et délaminage

Les trous d'aiguille

Les trous d'aiguille sont des petits trous à la surface du revêtement, pouvant être causés par un pistolet trop proche de la surface à peinturer ou bien par une température du substrat élevée (photo 10.3-4).

Photo 10.3-4 Trous d'aiguille

La pulvérisation excessive

Une pulvérisation excessive, qui se caractérise par une présence de minuscules irrégularités en surface, est habituellement reconnaissable par une surface rugueuse. Ces particules de peinture sont généralement mal adhérées à la surface peinturée (photo 10.3-5).

Photo 10.3-5 Pulvérisation excessive

Les points de rouille

Les points de rouille sont caractérisés par l'apparition de petits trous et de taches de rouille en surface. Les points ou les piqûres de rouille sont causés fréquemment par une épaisseur insuffisante de peinture (photo 10.3-6).

Photo 10.3-6 Points de rouille

Le craquelage

Le craquelage est une fissuration importante du feuil de peinture. Le craquelage est représentatif d'un revêtement vieilli au fil du temps par les intempéries (photo 10.3-7).

Photo 10.3-7 Craquelage

Les coulures

Les coulures sont des surplus de peinture qui se sont égouttés par gravité sur la surface peinte (photo 10.3-8).

Photo 10.3-8 Coulures

L'ombrage ou l'oubli

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 10.3-9).

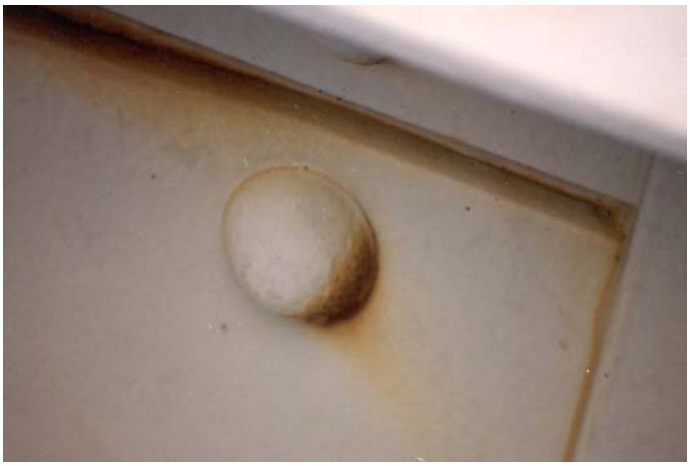


Photo 10.3-9 Ombrage ou oubli

L'inclusion (sable, poussière, etc.)

L'inclusion se définit comme la présence de particules dans le feuil de peinture due à une application sur une surface sale (photo 10.3-10).

Photo 10.3-10 Inclusion

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.

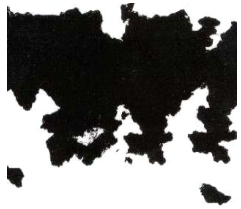
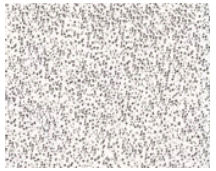
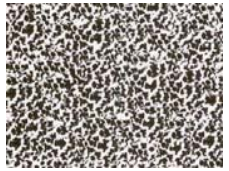
Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

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		pas de rouille observable	début de rouille observable	
3- Revêtement absent				présence
4 - Défaut du revêtement causant de la rouille à la surface ou de la corrosion sous le feuil SSPC - VIS 2	 Degré de rouille 7-G	 Degré de rouille 5-G	 Degré de rouille 3-G	 Degré de rouille 1-G
5 - Défaut du revêtement causant des points de rouille à la surface SSPC - VIS 2	 Degré de rouille 7-P	 Degré de rouille 5-P	 Degré de rouille 3-P	 Degré de rouille 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. Dans le cas de défauts importants et très importants, toutes les données pertinentes pouvant être utiles à l'ingénieur responsable de l'inspection doivent être notées.

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 déglaçage;
- 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 la poussière, 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	**Cote**			
	4	**3**	**2**	**1**
1 - Défauts du revêtement (**corrosion sous le feuil**, **revêtement absent ou désintégré, points de rouille**) 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

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

Défauts observés :

- Revêtement absent sur 25 % de la surface des cinq poutres du tablier avec points de rouille légers 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

Défauts observés :

- Revêtement absent sur 40 % de l'ensemble des surfaces;
- Corrosion sous le feuil 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

Défauts observés :

- Points de rouille très importants 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

Défauts observés :

- Revêtement absent sur environ 10 % des surfaces constituant les béquilles;
- Points de rouille moyens 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

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

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 CHAUSSÉE 11-2

11.3 LE SYSTÈME DE DRAINAGE 11-4

11.4 LA GLISSIÈRE AUX APPROCHES 11-4

11.5 L'ESCALIER 11-6

11.6 L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU 11-6

11.7 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT 11-8

11.7.1 Général 11-8
11.7.2 Évaluation de la transition de chaussée 11-8
11.7.3 Évaluation du système de drainage 11-9
11.7.4 Évaluation de la glissière aux approches 11-9
11.7.5 Évaluation de l'escalier 11-9

11.8 EXEMPLES 11-11

11.8.1 Transition de chaussée 11-11
11.8.2 Système de drainage 11-12
11.8.3 Glissière aux approches 11-12
11.8.4 Escalier de passerelle 11-13

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 11.6-1 Critères spécifiques – Matériau – Glissière aux approches 11-7
Tableau 11.7-1 Critères spécifiques – Comportement – Transition de chaussée 11-10
Tableau 11.7-2 Critères spécifiques – Comportement – Système de drainage 11-10
Tableau 11.7-3 Critères spécifiques – Comportement – Glissière aux approches 11-10

LISTE DES FIGURES

Figure 11.1-1 Distance d'inspection 11-2
Figure 11.2-1 Défaut de la transition de chaussée 11-3

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. 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 (dans le cas des passerelles seulement).

Certains de ces éléments ne sont pas évalués selon les dispositions du système d'évaluation de l'état. 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 ci-dessous :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance[(1)]**	**Quantité[(2)]**
Approches	Transition de chaussée	S	S. O.
	Système de drainage	S	S. O.
	Glissière	S	Longueur
	Escalier (passerelle)	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.

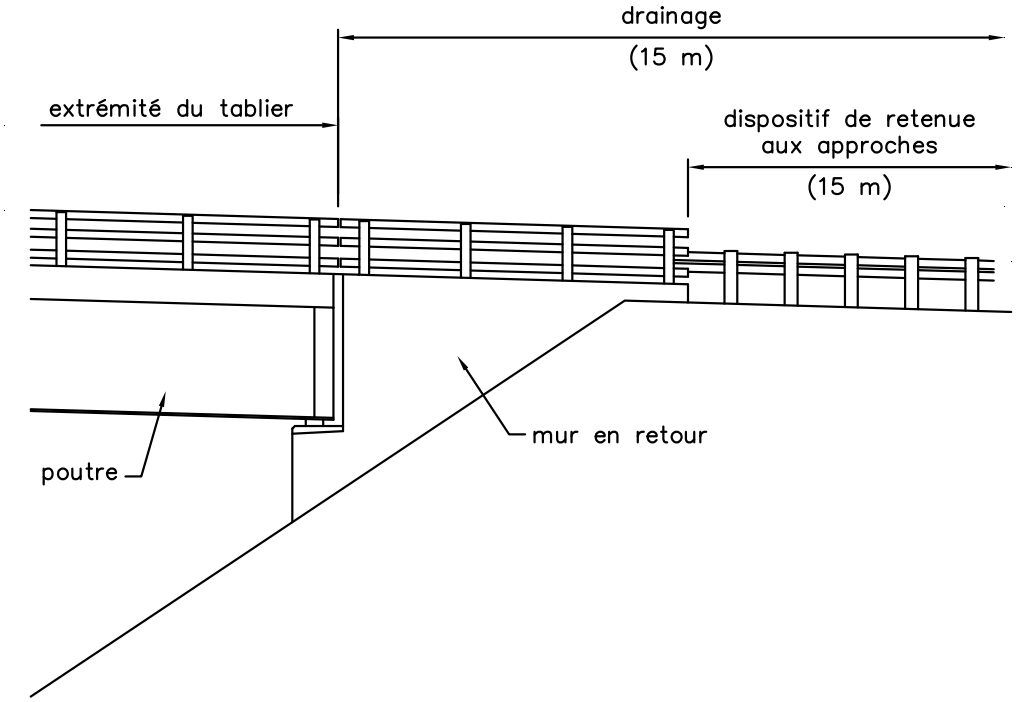


Figure 11.1-1 Distance d'inspection

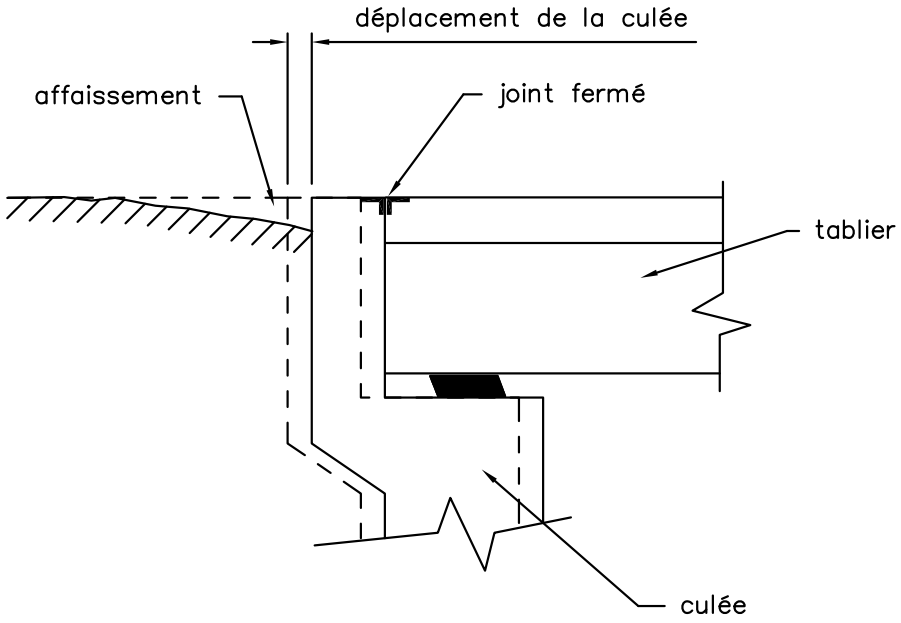
11.2 LA TRANSITION DE CHAUSSÉE

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 la surcharge routière sur la structure et sur l'approche elle-même.

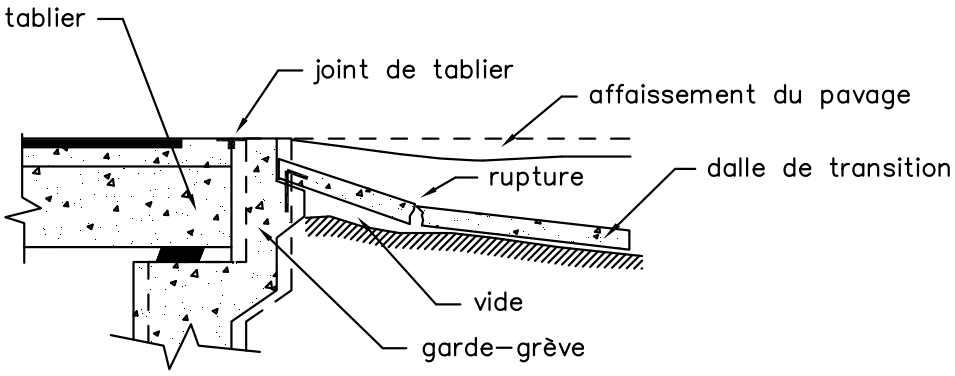
Les défauts de la transition de chaussée sont reliés aux dénivellations brusques et aux irrégularités importantes qui ont comme conséquences d'augmenter l'impact des véhicules sur la structure, d'incommoder le conducteur ou même de rendre la conduite hasardeuse.

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 latéral 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 avec force sur la structure et cela peut entraîner des dommages importants dans les éléments. Quant aux véhicules se déplaçant de la structure vers le remblai, leur impact produit un affaissement du profil de l'approche.



DÉPLACEMENT DE LA CULÉE



RUPTURE DE LA DALLE DE TRANSITION

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 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, celle-ci doit être captée par des puisards ou des rigoles 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 et rendent la circulation périlleuse.

Les rigoles détériorées ou mal situées 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, les cyclistes ou les piétons 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 est habituellement prolongée sur les approches par une glissière semi-rigide.

La glissière aux approches comprend généralement une lisse continue fixée devant des poteaux en bois ou parfois, des poteaux en acier profilé en « L ». Généralement, les lisses sont constituées de tôle en acier en forme de « W », communément appelées GTOG, ou encore de profilés tubulaires 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. 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 deux fois plus grand le long de la transition de rigidité.

Pour tous les types de 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 le long de celle-ci 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. Les défauts suivants sont les plus courants :

Les défauts de matériaux

Les défauts de matériaux (acier et bois) peuvent, lorsqu'ils sont importants et très importants, affecter le comportement des glissières.

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 présente un danger potentiel.

Les défauts causés par une mauvaise installation

La lisse en tôle ondulée des dispositifs de retenue peut se transformer en obstacle lorsque le chevauchement des sections des lisses, pour leur assemblage, 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.

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 dont il est question dans ce chapitre est celui qui permet aux piétons d'accéder à une passerelle piétonnière. Le comportement de l'escalier est jugé à sa capacité de permettre aux usagers d'accéder à la passerelle 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

Selon le principe général du système d'évaluation de l'état, l'état des matériaux et le comportement des éléments doivent être évalués. Toutefois, pour l'inspection de la transition de chaussée, du système de drainage et de l'escalier, seul le comportement doit être évalué.

En conséquence, de tous les éléments présentés dans ce chapitre, seule l'évaluation de l'état du matériau de la glissière aux approches doit être réalisée.

Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les tableaux de défauts des matériaux présentés au chapitre 4;

et

les critères spécifiques d'évaluation de l'état du matériau pour la glissière aux approches présentés au tableau 11.6-1.

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 chaque élément inspecté se trouvant dans chacun des quatre états (A, B, C, D).

Tableau 11.6-1 Critères spécifiques – Matériau – Glissière aux approches

Défauts de matériaux observés	État			
	A	**B**	**C**	**D**
1 - Défaut du **béton** (désagrégation, érosion par abrasion, corrosion de l'armature, délaminage, éclatement ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
2 - Défaut de **l'acier** ou de l'**aluminium** (corrosion ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
3 - Défaut du **bois** (pourriture ou trou d'insecte)	aucun à léger	moyen	important	très important

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, 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. Dans le cas de défauts importants et très importants, toutes les données pertinentes pouvant être utiles à l'ingénieur responsable de l'inspection doivent être notées. 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 (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, constituant un danger potentiel pour les usagers.

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 présentant un danger potentiel;
- 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

L'évaluation du comportement doit être réalisée à partir des critères généraux présentés au tableau 3.4-1. Le comportement doit être jugé à sa capacité de permettre aux usagers d'accéder à la passerelle de façon sécuritaire.

Tableau 11.7-1 Critères spécifiques – Comportement – Transition de chaussée

Défauts de comportement observés	**Cote**			
	4	**3**	**2**	**1**
1 - Défaut d'uniformité causant un **impact** sur la structure ou sur l'approche	aucun à léger	appréciable	important à très important	
2 - **Transition** de la bordure, du chasse-roue ou du trottoir à l'approche	bonne		inadéquate	absente

Tableau 11.7-2 Critères spécifiques – Comportement – Système de drainage

Défauts de comportement observés	Cote			
	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	**Cote**			
	4	**3**	**2**	**1**
1 - Dommage ou défaut à une glissière ou à un garde-fou à l'approche de la structure présentant un danger potentiel				présence
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 %)

11.8 EXEMPLES

11.8.1 Transition de chaussée

Exemple 1

Élément :
Transition de chaussée à l'approche

Défauts observés :

- La transition au niveau du trottoir est absente et constitue un obstacle pour les véhicules.

Matériau : S. O. Comportement (CEC) : 1

Exemple 2

Élément :
Transition de chaussée à l'approche

Défauts observés :

- Dénivellation (défaut d'uniformité) à l'approche immédiate causant un impact important sur la structure.

Matériau : S. O. Comportement (CEC) : 2

11.8.2 Système de drainage

Exemple 3

Élément :
Système de drainage à l'approche

Défauts observés :

- 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 Glissière aux approches

Exemple 4

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 constitue un danger pour les usagers.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 1

11.8.4 Escalier de passerelle

Exemple 5

Élément :
Escalier

Défauts observés :

- 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 DE 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 12-3
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 12-12
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 parafouille 12-13
12.4.2 Le mur en aile 12-14
12.4.3 Le déflecteur 12-14
12.4.4 Le piège à débris 12-15

12.5 L'ÉVALUATION DU MATÉRIAU 12-15

12.6 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT 12-17

12.6.1 Général 12-17
12.6.2 Évaluation du ponceau 12-18
12.6.3 Évaluation des ouvrages de protection 12-18

12.7 EXEMPLES 12-20

12.7.1 Les ponceaux 12-20
12.7.2 Les ouvrages de protection 12-26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 12.5-1 Critères spécifiques – Matériaux – Ponceaux 12-16
Tableau 12.6-1 Critères spécifiques – Comportement – Ponceaux et ouvrages de protection 12-19

LISTE DES FIGURES

Figure 12.2-1 Importance du coussin de support 12-3
Figure 12.2-2 Affouillement 12-4
Figure 12.2-3 Infiltration 12-5
Figure 12.2-4 Tassement 12-6
Figure 12.3-1 Répartition des charges sur les structures flexibles 12-8
Figure 12.3-2 Déformation des structures flexibles 12-10

12.1 GÉNÉRALITÉS

Les structures de type ponceau sont couramment utilisées dans le réseau routier. Elles sont fabriquées en béton ou en acier la plupart du temps, rarement en bois. Le rôle des ponceaux est de permettre le passage sous un remblai de l'eau, d'animaux, de piétons, de cyclistes ou encore de petits véhicules.

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 parafouille, 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 ci-dessous :

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance[(1)]**	**Quantité[(2)]**
Ponceau	Dessous de dalle/voûte	P	Longueur
	Mur/naissance voûte/coins inférieurs	P	Longueur x 2
	Radier	P	Surface
	Fondation	P	S. O.
	Mur de tête	S	Surface
	Mur d'aile	S	Surface
	Mur parafouille	S	S. O.
	Déflecteur/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 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 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.

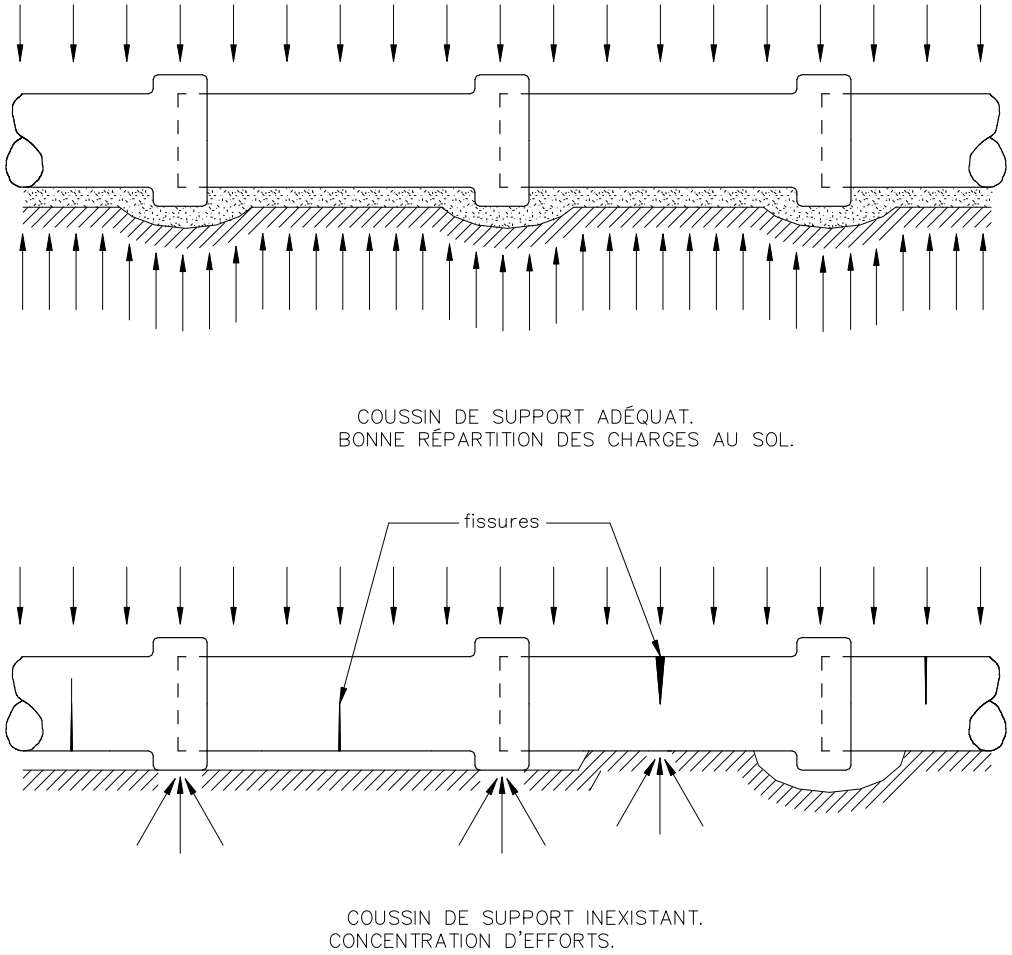


Figure 12.2-1 Importance du coussin de support

12.2.2 L'affouillement

L'affouillement est le creusement, par le courant, du sol de fondation sous un ponceau à contour fermé, aux extrémités du ponceau ou bien le long 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. 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 et des abords du ponceau, les vitesses d'écoulement élevées et l'absence de parafouilles.

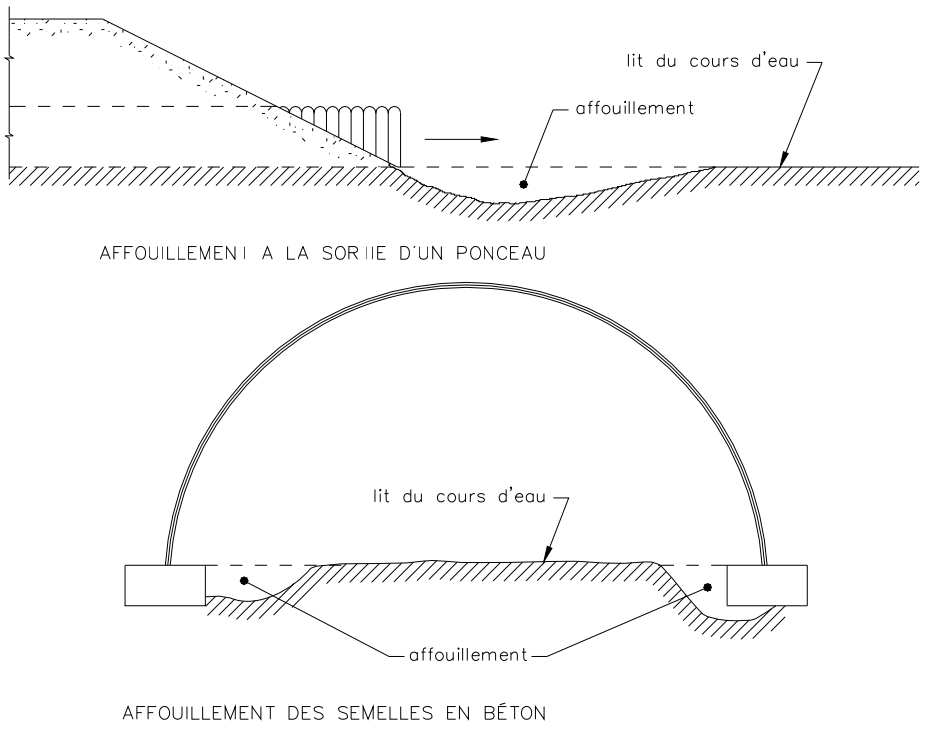


Figure 12.2-2 Affouillement

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 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 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.

L'ouverture des joints de raccordement entre les sections du ponceau et une protection inadéquate aux extrémités se révèlent les principales causes de l'infiltration. L'absence de murs parafouilles favorise également l'infiltration et la perte des matériaux adjacents au ponceau.

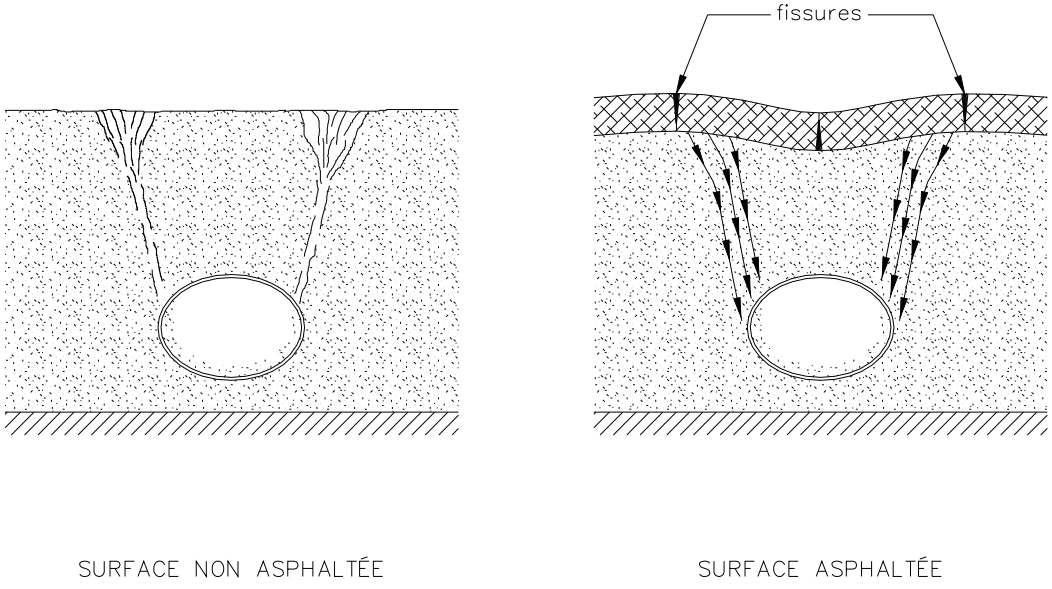


Figure 12.2-3 Infiltration

12.2.4 Le tassement

De façon générale, 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 généralement 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 : déformation, fissuration et déchirure des tôles, poinçonnement par les boulons, fissuration du béton, etc.

Le tassement peut affecter aussi 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.

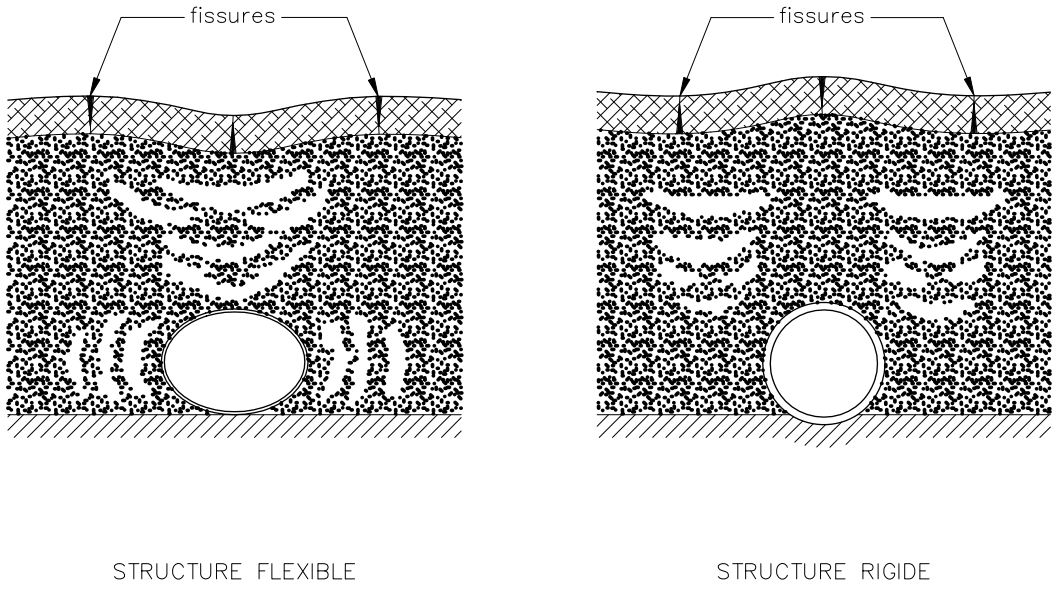


Figure 12.2-4 Tassement

12.3 LES DÉFAUTS PROPRES AUX STRUCTURES FLEXIBLES

Les ouvrages flexibles ou communément appelés sol-métal sont des structures composites utilisant une paroi flexible et un certain volume de sol qui permettent de maintenir en place la paroi et de lui assurer sa capacité structurale. Ces structures sont conçues et dimensionnées pour qu'elles puissent se déformer jusqu'à prendre appui sur les massifs latéraux.

Les parois métalliques peuvent avoir différentes formes (tôle ondulée, plaque continue ou ensemble de plaques multiples et boulons) et prennent appui sur le remblai qui participe, lui aussi, à la capacité structurale de l'ouvrage. La répartition des charges sur la structure est inversement proportionnelle au rayon de courbure. Les charges sont donc plus importantes pour les ouvrages possédant de petits rayons de courbure, notamment la forme arquée et la forme elliptique.

La figure 12.3-1 montre la répartition des charges au pourtour des structures flexibles. Ces ouvrages, compte tenu de leur souplesse, doivent être constamment maintenus en équilibre et les remblais doivent être uniformes en tout temps.

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.

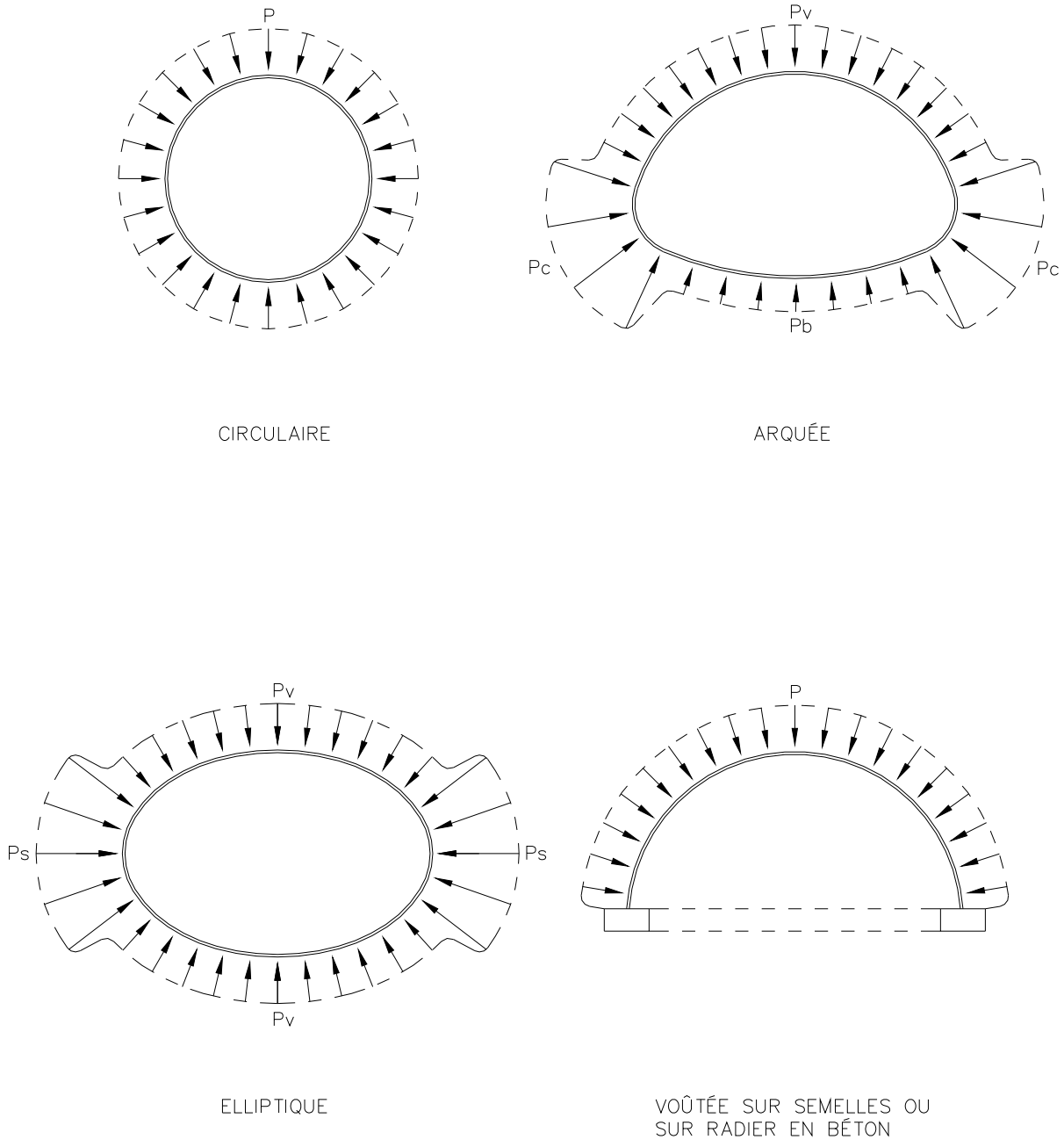


Figure 12.3-1 Répartition des charges sur les structures flexibles

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.

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 des remblais latéraux.

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.

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.

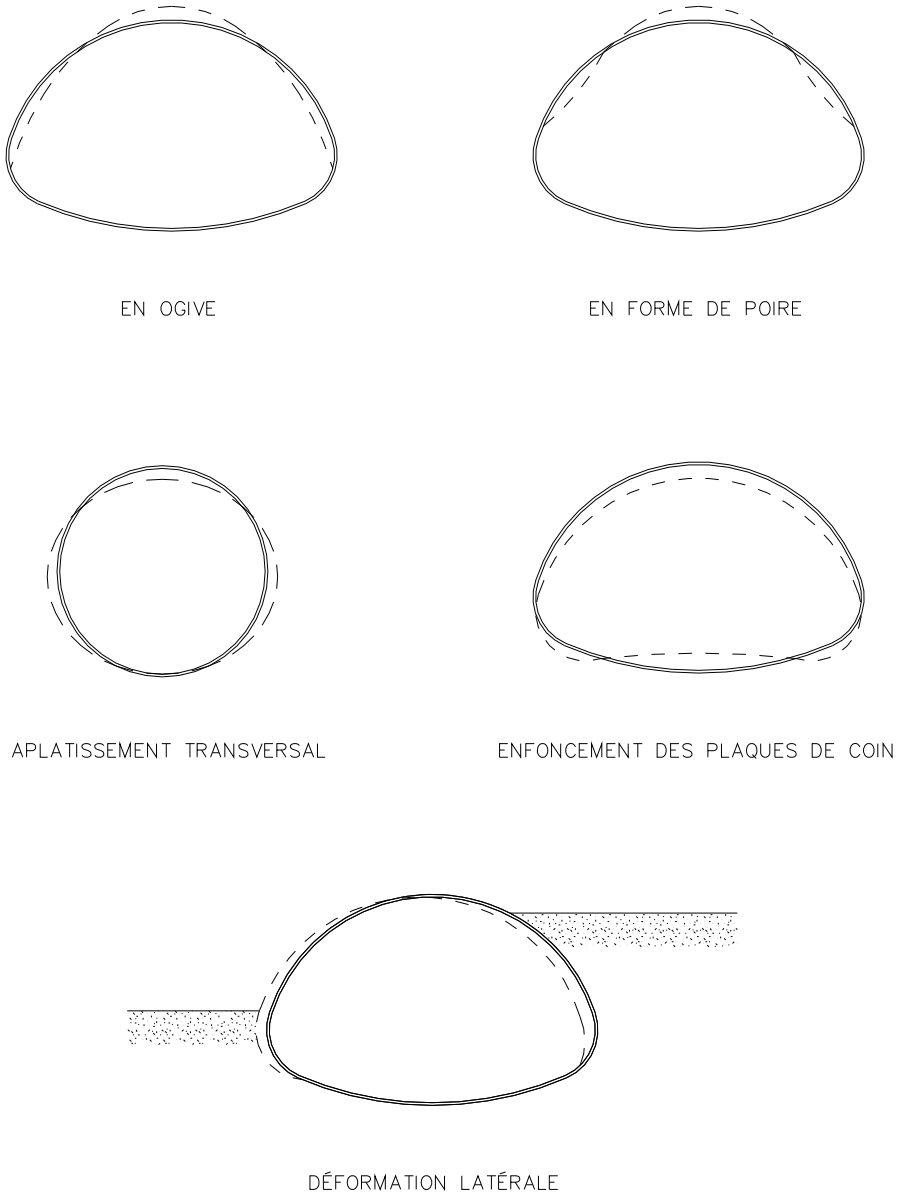


Figure 12.3-2 Déformation des structures flexibles

La déformation latérale

La déformation latérale de l'ensemble du ponceau est généralement causée par des efforts de poussée s'exerçant de manière dissymétrique de part et d'autre du ponceau. Elle peut être due notamment à une mise en œuvre asymétrique des remblais ou à un remblai aménagé à forte pente.

La déformation locale

Les parois des ponceaux métalliques 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 parafouille. 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 complète 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 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, les charges sur le ponceau occasionnées par le remblai étant beaucoup plus importantes au centre de celui-ci.

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 en acier, 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 parafouille, du déflecteur et du piège à débris.

12.4.1 Le mur de tête et le mur parafouille

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 parafouille, 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 parafouille peut être le béton, l'acier ou parfois le bois.

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 supporter les charges permanentes et 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 sont des défauts de matériaux qui affectent la résistance structurale du piège ou 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'évaluation de l'état, l'état des matériaux et le comportement des éléments doivent être évalués. Toutefois, pour la fondation, le mur parafouille, le déflecteur et le piège à débris, seul le comportement de ces éléments doit être évalué.

L'évaluation de l'état du matériau doit être réalisée pour les autres éléments du ponceau, le mur de tête et le mur d'aile. Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les tableaux de défauts des matériaux 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).

Tableau 12.5-1 Critères spécifiques – Matériaux – Ponceaux

Défauts de matériaux observés	État			
	A	**B**	**C**	**D**
1 - Défaut du **béton** (désagrégation, érosion par abrasion, corrosion de l'armature, délaminage, éclatement ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
2 - Défaut de l**'acier** (corrosion ou fissuration) dans un ponceau ou dans un ouvrage de protection à l'extrémité d'un ponceau	aucun à léger	moyen	important	très important
3 - Défaut de la **maçonnerie** d'un ouvrage de protection à l'extrémité d'un ponceau	aucun à léger	moyen	important	très important
4 - Défaut du **bois** d'un ponceau ou d'un ouvrage de protection à l'extrémité d'un ponceau (pourriture, trou d'insecte ou usure par abrasion)	aucun à léger	moyen	important	très important
5 - Dégradation des **sacs sable-ciment**	aucune à légère	moyenne	importante	très importante
6 - Fils de **paniers de gabions**		corrodés	sectionnés	sectionnés avec perte de pierres

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. Dans le cas de défauts importants et très importants, toutes les données pertinentes pouvant être utiles à l'ingénieur responsable de l'inspection doivent être notées.

Les éléments en béton situés au-dessus d'une piste cyclable, d'une voie piétonnière, d'une voie de chemin de fer ou d'une voie de circulation doivent être inspectés minutieusement de manière à détecter tous les fragments de béton susceptibles de tomber, afin d'éliminer le risque de détachement et de chute. Le détachement des fragments peut se faire lors de l'inspection ou doit être recommandé comme une activité à réaliser. Lorsque l'opération ne peut se faire lors de l'inspection, le risque de détachement de fragments de béton doit être noté dans la case « Risque de chute de fragments de béton (sécurité) » et ce risque doit être signalé à la personne responsable. Cependant, aucune cote de comportement n'est attribuée spécifiquement pour ce type de défaut.

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;
- les mouvements affectant la stabilité du ponceau;
- la déformation de la section transversale;
- l'affouillement sous un ponceau à contour fermé ou le long 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	Cote			
	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	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 - Affouillement (minage) sous un ponceau à contour fermé ou le long d'un ponceau à contour ouvert				présence [(1)]
8 - Perte de matériaux au pourtour d'un ponceau	légère	appréciable	importante	très importante
9 - Soulèvement d'une extrémité de ponceau au-dessus du lit du cours d'eau				présence
10 - 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 longueur de la dalle;
- Délaminage sur 20 % de la longueur;
- Désagrégation moyenne sur 40 % de la longueur;
- Traces de rouille sur 20 % de la longueur;
- 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 correspondant à une longueur équivalente de 50 %;
- Désagrégation importante sur une longueur équivalente de 20 %;
- 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 = 30 %, B = 0 %, C = 20 %, D = 50 % 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) : 1

L'ingénieur responsable doit être avisé immédiatement.

Exemple 5

Élément : Coins inférieurs d'un ponceau en acier

Défauts observés :

- Perforation localisée sur 10 % de la longueur 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 longueur 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

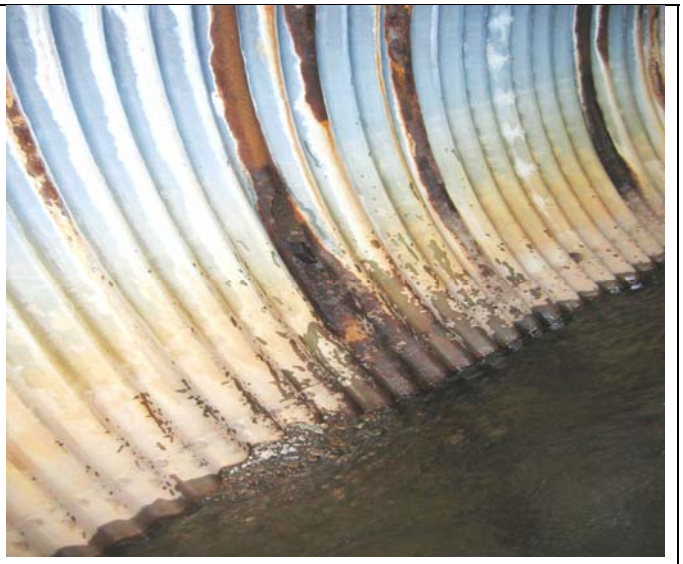
Défauts observés :

- 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 perforation locale sur 20 % de la longueur équivalente;
- Corrosion légère sur le reste de l'élément;
- Perte appréciable de matériau au pourtour du ponceau.

Matériau : A = 80 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 20 % Comportement (CEC) : 2

Exemple 9

Élément : Radier d'un ponceau en acier

Défauts observés :

- Corrosion très importante avec perforation sur toute la longueur du radier.

Matériau : A = 0 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 100 % Comportement (CEC) : 1

Exemple 10

Élément : Fondation

Défauts observés :

- 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 légère sur toute la surface de l'élément;
- Soulèvement de l'extrémité du ponceau.

Matériau : A = 100 %, B = 0 %, C = 0 %, D = 0 % Comportement (CEC) : 1

12.7.2 Les ouvrages de protection

Exemple 12

Élément : Mur de tête en gabions

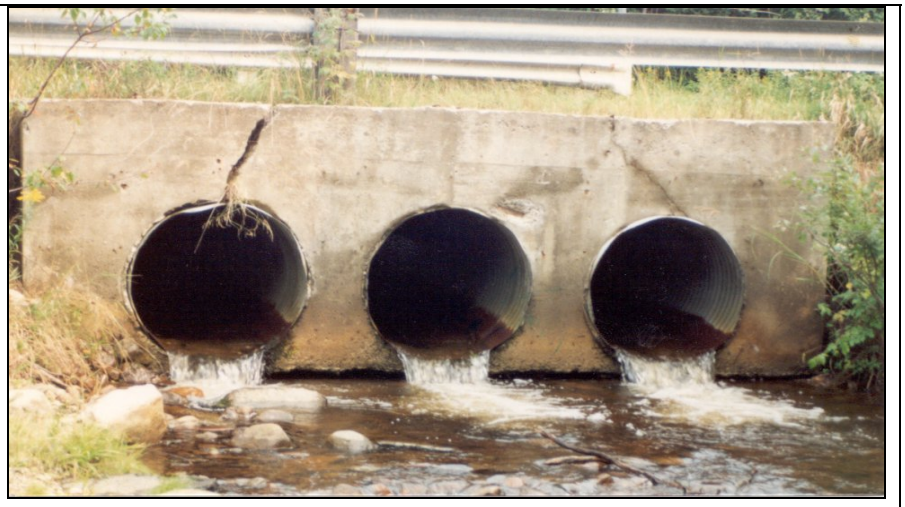
Défauts observés :

- 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 DE MATIÈRES

13.1 GÉNÉRALITÉS 13-1

13.2 LES PRINCIPAUX TYPES DE MURS DE SOUTÈNEMENT 13-1

13.3 LES DÉFAUTS DE LA FONDATION 13-2

13.4 LES DÉFAUTS DES MURS DE SOUTÈNEMENT 13-3

13.4.1 Le renversement 13-3
13.4.2 Le déplacement latéral (glissement) 13-5
13.4.3 Les défauts particuliers 13-5

13.5 LES AUTRES TYPES DE MURS 13-8

13.6 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU 13-8

13.7 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT 13-10

13.7.1 Généralités 13-10
13.7.2 Évaluation de la fondation et du mur 13-10

13.8 EXEMPLES 13-12

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 13.6-1 Critères spécifiques – Matériau – Mur 13-9
Tableau 13.7-1 Critères spécifiques – Comportement – Mur 13-11

LISTE DES FIGURES

Figure 13.4-1 Renversement du mur 13-4
Figure 13.4-2 Déplacement latéral du mur 13-5

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 murs.

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 murs, leur fonction n'est pas le soutènement des terres, mais plutôt la protection des usagers de la route et de la population aux abords des routes contre les effets négatifs de la circulation sur l'environnement sonore ou visuel. Il s'agit de murs antibruit (écrans sonores), d'écrans visuels et d'écrans antiéclaboussures.

Les éléments qui font partie des groupes « Murs de soutènement » et « Autres types de murs » sont présentés ci-dessous.

Groupe	**Élément**	**Niveau d'importance(1)**	**Quantité(2)**
Murs 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 PRINCIPAUX TYPES DE 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 de façon que sa stabilité due à son propre poids soit beaucoup plus grande que 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 poids du caisson doit être suffisamment élevé pour contrebalancer l'action de renversement produite par la poussée des terres. De plus, le caisson doit être suffisamment rigide pour ne pas être déformé par son contenu ou par la poussée du remblai.

Le mur en porte-à-faux est un ouvrage en béton armé, coulé en place ou préfabriqué, pour lequel l'action stabilisatrice est produite par son poids propre et par le poids du remblai déposé sur la partie arrière de sa semelle. Pour ce type de mur, le fait que la poussée du remblai tende à déplacer la partie supérieure du mur vers l'avant cause des efforts de traction dans le mur, surtout dans la partie inférieure de la face arrière, sur le dessus de la semelle à l'arrière du mur et en dessous de la semelle à l'avant du mur.

Le remblai renforcé est un ouvrage formé d'un remblai renforcé par des inclusions, qui peuvent prendre 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.

13.3 LES DÉFAUTS DE LA FONDATION

La fondation d'un mur 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 6.4 « Les défauts de la fondation » pour les unités de fondation qui supportent un tablier de pont. Ils s'appliquent autant à la fondation des murs de soutènement qu'à celle des autres types de murs.

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.

13.4 LES DÉFAUTS DES MURS DE SOUTÈNEMENT

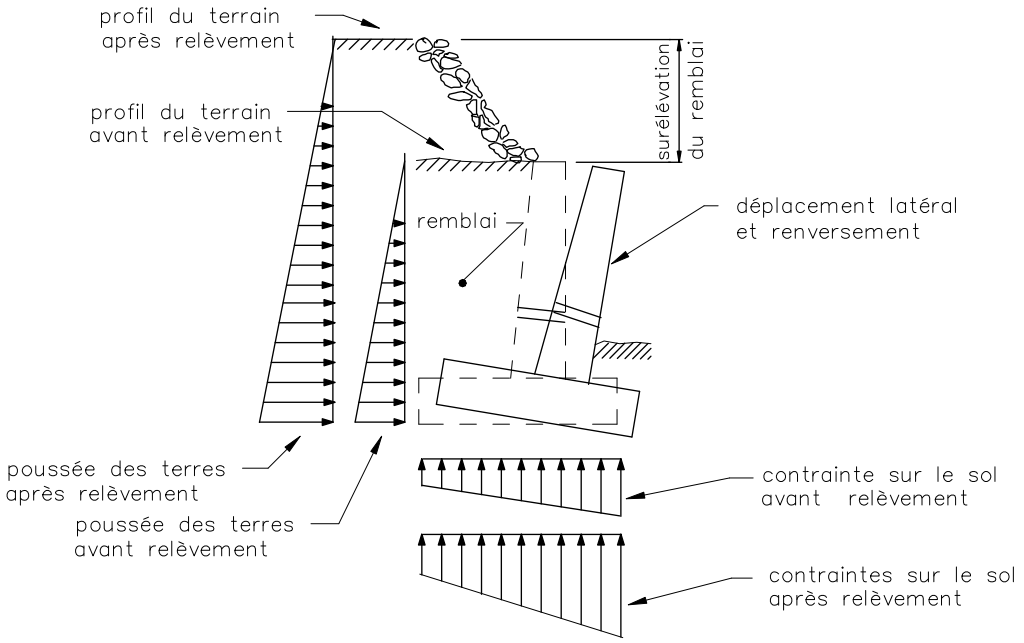
Le mur de soutènement peut être affecté par plusieurs défauts :

- le renversement;
- le déplacement latéral (glissement);
- les défauts particuliers.

13.4.1 Le renversement

Un mur renverse lorsque l'action stabilisatrice des charges verticales est trop faible pour contrebalancer les forces de renversement produites par la poussée des terres.

Plusieurs facteurs peuvent entraîner la perte d'aplomb d'un mur, voire même le renversement de ce dernier, comme 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 retenue 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 13.4-1 montre le renversement du mur.



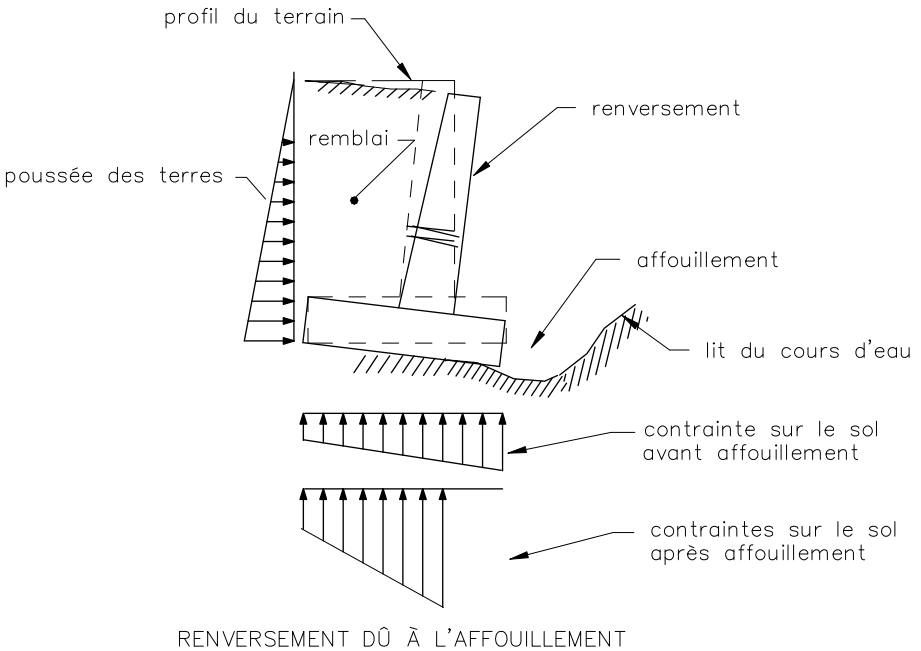


Figure 13.4-1 Renversement du mur

13.4.2 Le déplacement latéral (glissement)

Un mur se déplace 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 devant le mur et qui retient une partie de la poussée provoque un déplacement latéral (figure 13.4-2). La diminution de la butée est généralement le résultat de l'enlèvement de matériaux granulaires lors de travaux d'excavation.

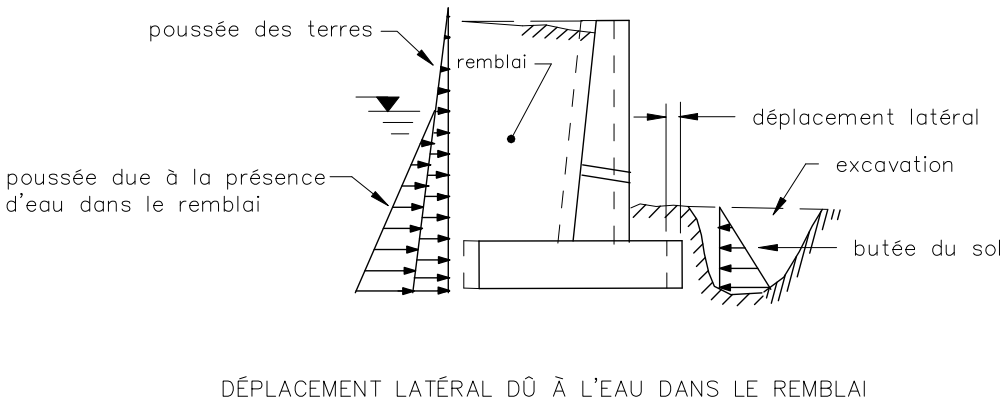


Figure 13.4-2 Déplacement latéral du mur

13.4.3 Les défauts particuliers

En plus des mouvements qui peuvent affecter la stabilité, les murs peuvent être affectés par les défauts reliés au matériau qui les constitue. Ainsi, les défauts du béton, de l'acier, du bois et de la maçonnerie, décrits dans le chapitre 4, peuvent être observés. Ces défauts peuvent réduire la capacité des éléments à supporter les charges particulièrement lorsqu'ils sont importants et très importants et qu'ils affectent une partie considérable de l'ouvrage. Les défauts particuliers aux différents types de murs sont décrits ci-dessous.

Mur en béton

Les principaux défauts pouvant affecter le comportement d'un mur en béton sont les suivants :

- la désagrégation, la corrosion des armatures et le délaminage affectant surtout les surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglaçage qui sont projetés par des véhicules;
- l'éclatement causé par l'impact des véhicules ou des glaces;
- l'érosion par abrasion affectant les surfaces exposées à l'action du courant;
- les fissures verticales produites par le tassement de la fondation;
- le mouvement affectant la stabilité du mur ou celle d'un autre élément.

Mur en maçonnerie

Les principaux défauts pouvant affecter le comportement d'un mur en maçonnerie sont les suivants :

- les fissures verticales produites par le tassement de la fondation;
- la perte de mortier dans les joints;
- la désagrégation;
- le mouvement affectant la stabilité du mur ou celle d'un autre élément.

Murs en acier

Les principaux défauts pouvant affecter le comportement d'un mur en acier sont les suivants :

- la corrosion des pièces et des joints d'assemblage;
- la présence de fissures;
- le bombement d'un caisson en acier, indice d'une incapacité à supporter les efforts créés par les matériaux de remplissage;
- la déflexion de palplanches, indice d'une incapacité à supporter les charges;
- le mouvement affectant la stabilité du mur ou celle d'un autre élément.

Mur en bois

Les principaux défauts pouvant affecter le comportement d'un mur caisson en bois ou d'un mur berlinois sont les suivants :

- les pièces endommagées par la pourriture qui ont pour effet de réduire la capacité du caisson;
- l'écrasement des pièces à leurs points de rencontre;
- la fêlure ou la rupture pouvant être causée 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 (mur caisson);
- les pièces mal assujetties;
- le bombement d'un caisson, indice d'une incapacité à supporter les efforts créés par les matériaux de remplissage;
- le mouvement d'un élément affectant sa stabilité ou celle d'autres éléments.

Mur en gabions

Les principaux défauts pouvant affecter le comportement d'un mur en gabions sont les suivants :

- la corrosion ou la rupture des fils des paniers qui provoque la fuite de pierres de remplissage et la destruction du mur;
- le mouvement d'un élément affectant sa stabilité ou celle d'autres éléments.

Mur en sacs de sable-ciment

Les principaux défauts pouvant affecter le comportement d'un mur en sacs de sable-ciment sont les suivants :

- la détérioration des sacs;
- la perte de sacs pouvant être causée par l'impact des débris et des glaces;
- le mouvement d'un élément affectant sa stabilité ou celle d'autres éléments.

Remblai renforcé

Les principaux défauts pouvant affecter le comportement d'un remblai renforcé sont les suivants :

- la corrosion des éléments en acier du parement, affectant surtout les surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglaçage;
- les défauts du béton des écailles du parement tels la désagrégation, la corrosion des armatures, le délaminage, l'éclatement et l'usure par abrasion affectant surtout les surfaces soumises à l'action de l'eau et des sels de déglaçage ou des véhicules circulant tout près du mur;
- la fuite des matériaux de remplissage par les joints situés entre les éléments du parement causant l'affaissement de l'assise;
- le mouvement d'un élément affectant sa stabilité ou celle d'autres éléments.

13.5 LES AUTRES TYPES DE MURS

Les autres types de murs sont les murs antibruit (ou écrans sonores), les écrans visuels et les écrans antiéclaboussures. Ils sont utilisés pour protéger les usagers de la route et la population aux abords des routes contre les effets néfastes de la circulation sur l'environnement sonore ou visuel. 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.

13.6 L'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU MATÉRIAU

Selon le principe général du système d'évaluation de l'état, l'état des matériaux et le comportement des éléments doivent être évalués. Toutefois, pour l'inspection de la fondation, seul le comportement de cet élément doit être évalué.

L'évaluation de l'état du matériau doit donc être réalisée pour les murs de soutènement et les autres types de murs. Pour ce faire, l'inspecteur doit utiliser :

les tableaux de défauts des matériaux présentés dans le chapitre 4;

et

les critères spécifiques d'évaluation de l'état du matériau des murs présentés au tableau 13.6-1.

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).

Tableau 13.6-1 Critères spécifiques – Matériau – Mur

Défauts de matériaux observés	État			
	A	**B**	**C**	**D**
1 - Défaut du **béton** (désagrégation, érosion parabrasion, corrosion de l'armature, délaminage, éclatement ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
2 - Défaut de la **maçonnerie** (désagrégation ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
3 - Défaut de **l'acier** (corrosion ou fissuration)	aucun à léger	moyen	important	très important
4 - Défaut du **bois** (pourriture, trou d'insecte ou usure par abrasion)	aucun à léger	moyen	important	très important
5 - Dégradation des **sacs sable-ciment**	aucune à légère	moyenne	importante	très importante
6 - Fils de **paniers de gabions**		corrodés	sectionnés	sectionnés avec perte de pierres

13.7 L'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

13.7.1 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 13.7-1.

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. Dans le cas de défauts importants et très importants, toutes les données pertinentes pouvant être utiles à l'ingénieur responsable de l'inspection doivent être notées.

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 (CEC).

13.7.2 Évaluation de la fondation et du mur

Le tableau 13.7-1 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 de l'état. 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 13.7-1 Critères spécifiques – Comportement – Mur

Défauts de comportement observés	**Cote**			
	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 le mur **en l'absence** d'une fondation **profonde**				présence [(1)]
6 - **Perte de matériaux** autour d'une fondation profonde d'un élément **principal** (mur de soutènement)	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** autour d'une fondation profonde d'un élément **secondaire** (autres types de murs)	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.

13.8 EXEMPLES

Exemple 1

Élément : Mur de soutènement en béton

Défauts observés :

- 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	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	14-10
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 endroits clos	14-12
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	14-14
14.5.10	L'inspection au moyen d'une nacelle ou d'une passerelle aérienne	14-14
14.5.11	L'inspection sous l'eau	14-15
14.5.12	L'inspection en appui sur cordes	14-16
14.5.13	L'inspection dans des endroits contaminés	14-16
14.6	LES RÉFÉRENCES	14-17

14.1 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 :

- 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 :

- 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 présent chapitre n'a pas la prétention 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 circulant sur la structure doit être assurée. La plupart des accidents sont évités lorsque les inspections sont bien planifiées et réalisées en respectant les règles de sécurité.

14.1.1 Le rôle des intervenants

L'employeur

Entre autres, l'employeur doit :

- établir les règles et les procédures relatives à la sécurité lors des inspections de structures;
- prendre les dispositions pour qu'une formation adéquate en santé et sécurité soit donnée au personnel d'inspection;
- fournir gratuitement les équipements de sécurité nécessaires à l'exécution des activités d'inspection;
- 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;
- s'assurer que les équipements de sécurité et les équipements d'accès sont disponibles, sécuritaires et maintenus en bonne condition;
- s'assurer que le personnel d'inspection est en nombre suffisant pour faire face aux conditions particulières du site d'inspection;
- s'assurer que les mesures appropriées sont prises afin d'éviter les actions ou les situations dangereuses.

Le personnel d'inspection

Chaque inspecteur devrait être en mesure de travailler en hauteur, dans une échelle, sur un échafaudage, à bord d'une nacelle ou d'une passerelle aérienne. Il devrait pouvoir aussi travailler, sans témérité, 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.

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'endroits clos, comme les poutres-caissons et les culées creuses.

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 de celles se trouvant au-dessus de l'eau, sur la glace ou à l'intérieur de l'endroit clos. Dans le cas où les inspecteurs ne peuvent être visibles, un système de communication efficace doit être utilisé.

L'employeur doit déterminer le besoin en personnel additionnel suivant les conditions particulières du site d'inspection.

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.

Les inspecteurs doivent suivre le cours de santé et sécurité générale sur les chantiers de construction et recevoir, préférablement, une formation spécifique sur les normes de signalisation.

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. Une telle formation est offerte par

l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail pour le secteur de la construction (ASP Construction).

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. La formation théorique et pratique pour les travaux en appui sur cordes, d'une journée au minimum, est donnée par une firme dont le personnel maîtrise les techniques de sauvetage et d'évacuation et est accrédité auprès d'un organisme reconnu au Québec dans les techniques de progression sur cordes. La durée de la formation doit être augmentée selon les difficultés d'accès qui se posent lors de l'inspection de la structure.

14.2 LES ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ

14.2.1 L'équipement de protection individuelle

Conformément à l'article 2.10 du Code de sécurité pour les travaux de construction (S-2.1, r.6) et aux directives du ministère des Transports du Québec, l'inspecteur doit utiliser l'équipement suivant en fonction des risques auxquels il est exposé :

- un casque de sécurité, de préférence avec jugulaire;
- des chaussures de sécurité antidérapantes avec bout en acier et semelle anti-perforation. Les chaussures devraient être adaptées aux types de terrains rencontrés;
- des bottes de caoutchouc ou des cuissardes;
- des bottes-pantalon;
- un gilet de sécurité orange avec bandes réfléchissantes;
- 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 gilet de sauvetage;
- 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;
- 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 qui permet de vérifier la qualité de l'air (espace clos);
- un équipement de communication ou d'avertissement tel qu'un émetteur-récepteur portatif ou un sifflet.

En ce qui concerne le gilet de sauvetage, celui-ci doit obligatoirement avoir des propriétés de flottabilité et permettre le redressement du corps et le maintien de la tête hors de l'eau, et ce, sans effort des bras. Ces propriétés sont essentielles surtout dans le cas où la victime pourrait être inconsciente.

Si un inspecteur utilise un vêtement de flottaison contre l'hypothermie (dans le cas où la température de l'eau serait inférieure à 15 °C) à titre d'équipement de sauvetage, celui-ci doit aussi avoir les propriétés de redressement du corps et du maintien de la tête hors de l'eau. Si le vêtement de flottaison ne possède pas les propriétés précitées, l'inspecteur doit porter un gilet de sauvetage 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 gilet de sauvetage.

14.2.2 L'équipement de sauvetage

Conformément à l'alinéa 3 de l'article 2.10.13 du Code de sécurité pour les travaux de construction (S-2.1, r.6) et aux directives du Ministère, l'inspecteur doit utiliser, lorsque requis, l'équipement suivant selon la situation :

- une embarcation munie d'une bouée de sauvetage, de rames, d'une gaffe et de gilets de sauvetage;
- un câble muni de flotteurs, traversant le cours d'eau et servant de ligne de flottaison, s'il y a du courant.

La bouée de sauvetage doit être munie d'un câble de chanvre de Manille de 10 mm de diamètre et d'au moins 15 m de longueur.

De plus, en présence de courant, l'embarcation doit être équipée d'un moteur suffisamment puissant afin de pouvoir remonter le cours d'eau.

Le gilet et l'équipement de sauvetage sont nécessaires si aucune autre mesure de sécurité ne protège l'inspecteur et si la profondeur de l'eau est suffisante pour qu'il soit utile.

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.

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 planches, contenues dans le *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 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 requise.

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, de préférence avec jugulaire;
- un gilet de sécurité orange avec bandes réfléchissantes;
- des chaussures de sécurité antidérapantes avec bout en acier et semelle anti-perforation.

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'inspection s'effectue au niveau de la chaussée d'une structure munie de glissières ou de 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 gilet de sauvetage 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 en conformité avec l'article 2.10.13 du Code de sécurité pour les travaux de construction.

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 2.10.13 du Code de sécurité pour les travaux de construction et de l'article 357 du Règlement sur la santé et la sécurité du travail, et du dépliant *Prenez toutes les mesures qu'il faut pour que personne ne tombe à l'eau,* publié en avril 2004 par la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST).

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 doit respecter les dispositions mentionnées dans le guide *Travaux sur les champs de glace,* publié par la CSST.

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 gilet de sauvetage, 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 2.5.3 et 2.5.4 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 d'un gilet de sauvetage et préférablement 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 en 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 doit se faire à partir des critères mentionnés dans le guide *Travaux sur les champs de glace*. L'épaisseur 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 gilet de sauvetage et 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 endroits clos

Toute inspection effectuée dans des endroits clos nécessite l'équipement de sécurité additionnel suivant :

- un appareil qui permet de vérifier la qualité de l'air;
- une lampe de poche ou tout autre système d'éclairage non inflammable;
- un équipement de communication ou d'avertissement tel qu'un émetteur-récepteur portatif ou un sifflet.

L'inspection dans les endroits clos ne doit pas avoir lieu tant que la qualité de l'air n'a pas été vérifiée et jugée adéquate.

D'autres exigences particulières aux travaux en espace clos sont mentionnées à l'article 3.21 du Code de sécurité pour les travaux de construction et à la section XXVI du Règlement sur la santé et la sécurité du travail.

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 5 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 du Code de sécurité pour les travaux de construction et doit :

- être conforme à la norme CAN3-Z271-M84 « Règles de sécurité pour les plates-formes suspendues mécaniques » 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-fou;
- 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 2.5.7 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 les dispositions de l'article 3.10.8 du Code de sécurité pour les travaux de construction et que :

- 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 Code de sécurité pour les travaux de construction, la norme Z275.2-F04 « Règles de sécurité pour les travailleurs en plongée » et la norme CAN/CSA-Z275.4-F02 « Norme de compétence pour les opérations de plongée ».

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 clos où la concentration en contaminants est élevée, il est recommandé de faire effectuer un nettoyage par une firme 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 :

- 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-FO2 « 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 CSST 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 CSST qui fournit de très bons renseignements sur le sujet.

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, S-2.1, r.19.01.
- Code de sécurité pour les travaux de construction, chapitre S-2.1, r.6.

Section 14.1

- Loi sur la santé et la sécurité du travail, LRQ, chapitre S-2.1, art. 49 et 51.

Section 14.1.2

- Code de sécurité pour les travaux de construction, chapitre S-2.1, r.6, art. 2.10.13, 3.9.22, 3.21 et 3.22.1.
- Règlement sur la santé et la sécurité du travail, S-2.1, r.19.01, art. 263.1.
- COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CSST), « Les accidents nous parlent. Catapulté! », *Prévention au travail,* automne 2003.

Section 14.2.1

- COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CSST), *Prenez toutes les mesures qu'il faut pour que personne ne tombe à l'eau,* avril 2004 (DC-100-490).

Sections 14.3 et 14.4

- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC, *Normes – Ouvrages routiers,* 1994. *Tome V – Signalisation routière*.

Section 14.5.1

- Code de sécurité pour les travaux de construction, chapitre S-2.1, r.6, art. 2.10.

Section 14.5.2

- Code de sécurité pour les travaux de construction, chapitre S-2.1, r.6, art. 2.9, 2.10.12 et 2.10.14.

Section 14.5.5

- COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CSST), « *Travaux sur les champs de glace »,* décembre 1996 (DC-200-640).

Section 14.5.8

- Code de sécurité pour les travaux de construction, chapitre S-2.1, r.6, art. 3.5.

Section 14.5.9

- Norme CAN3-Z271-M84, « Règles de sécurité pour les plates-formes suspendues mécaniques ».

Section 14.5.10

- Norme CAN/CSA-C225-F00, « Engins élévateurs à nacelle portés sur véhicule ».
- COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CSST), *Alerte-Action*, novembre 1987, « Le travail avec les engins élévateurs à nacelle ».

Section 14.5.11

- Code de sécurité pour les travaux de construction, chapitre S-2.1, r.6, art. 3.17.

- Norme Z275.2-F04, « Règles de sécurité pour les travailleurs en plongée ».
- BOUDRIAS, Denis, « Rapport d'enquête du coroner Denis Boudrias sur les causes et circonstances de décès des victimes d'accidents de plongée sous-marine entre 1991 et 1995 », Bureau du coroner, 21 novembre 1995.
- Norme CAN/CSA-Z275.4-F02, « Norme de compétence pour les opérations de plongée ».

Section 14.5.13

- Code de sécurité pour les travaux de construction, art. 2.10.8, 2.10.9 et 3.21.
- HILLER, Stella, M.D., CLSC des Faubourgs, « Prévention, exposition à des animaux volatils tels les pigeons », juillet 1998.
- CSST et IRSST, *Guide pratique de protection respiratoire*, 2^{e} édition, 2003.
- Norme CAN/CSA-Z294.4-FO2, « Choix, utilisation et entretien des respirateurs ».
- COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CSST), « *Des fientes de pigeon dans votre lieu de travail ».*

CHAPITRE 15

FICHES ET RAPPORT D'INSPECTION

TABLE DE MATIÈRES

15.1	**GÉNÉRALITÉS**	**15-1**
15.2	**LA FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE**	**15-1**
15.3	**LA FICHE D'INVENTAIRE ABRÉGÉE**	**15-11**
15.4	**LES FICHES D'INSPECTION GÉNÉRALE**	**15-14**
15.5	**LA FICHE D'INSPECTION ANNUELLE**	**15-20**
15.6	**LE RAPPORT D'INSPECTION GÉNÉRALE**	**15-23**

15.1 GÉNÉRALITÉS

Le présent chapitre traite des fiches et rapports d'inspection qui sont produits par le système GSQ-6026 :

- 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.

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 02629 est présentée aux pages suivantes.

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

Numéro de structure 02629

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

IDENTIFICATION

Identification

Numéro de structure	**02629**		
Remplacé par		Remplace	
Nom			
Statut	1 - Actif MTQ		
Type de structure	41 - Pont à poutres en béton armé		
Charg. conception	Inconnu		
Catégorie S/U/A	Autre		
Catégorie S/U/A souh			

Responsabilité

Resp. de gestion	10 - MTQ		
Détail gestionnaire			
Direction territoriale	Direction de la Chaudière-Appalaches		
Centre de services	566607 (Centre de services de Thetford-Mines)		
Rôle MTQ inspection	1 - Inspections annuelle et générale par le MTQ		
Admissibilité subv.	☐	% participation MTQ	

Localisation

X	704696.808	Y	225857.959
Latitude	46.023904	Longitude	-71.230901
Site			
Orientation	Nord-Sud		
Point de repère	Nord vers Thetford		
Limitrophe			

Année

Année construction	1965		
Unités fondation	1965	Pose dern. membrane	2008
Systèmes structuraux	1965	Pose dern. revêtement	2008
Platelage	1965	Dern. réparation dalle	2008

Municipalités

Principale	Municipalité	CEP	MRC
☑	Adstock	Frontenac	Les Appalaches
☐	Saint-Joseph-de-Coleraine	Frontenac	Les Appalaches
☐	Thetford Mines	Frontenac	Les Appalaches

Coût

Coût remplacement	
Valeur à neuf	640 785 $

Imprimé le 2009-02-23

Page 1 de 9

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

Numéro de structure 02629

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

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+112	Collectrice	Routes restreintes	☐	☐	☐
☐	Route 267	Route standard	00267	01	021	000C	000+000	Collectrice	Routes restreintes	☐	☐	☐

Circulation

DJMA	3 500	Longueur détour	20.4 km
% camion	7	Vitesse détour	70 km/h

Dégagement

Hauteur libre actuelle	
Hauteur libre souhaitable	
Hauteur libre affichée	
Présence d'un gabarit	☐
Hauteur libre du gabarit	

Chaussée

	Nombre de voies de circulation	Largeur carrossable	Vitesse affichée
Actuel	2	9.9 m	90 km/h
Souhaitable	2	9.0 m	90 km/h

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

Numéro de structure 02629

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

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					0.80					☐			☐	☐	

Hydraulique

Hauteur eaux hautes extr.	1.1 m	Eaux navigables	☐
Hauteur eaux basses extr.	0.1 m	Date autorisation	
Superficie bassin versant		No dossier	
Année étude réalisée			

Sujet à :	affouillement	☐
	embâcle	☐
	inondation	☐

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

Numéro de structure 02629

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

DESCRIPTION

Dimensions

Longueur totale	19 600 mm
Longueur du tablier	14 670 mm
Largeur hors tout	11 200 mm
Superficie du tablier	164.0 m²
Superficie acier	
Superficie de lambris	
Type biais	Gauche
Angle du biais	13.00 °
Épaisseur du remblai	

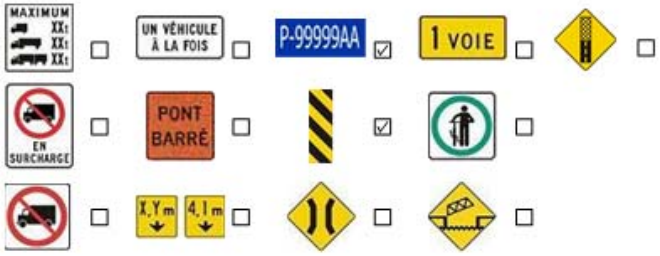
Pistes cyclables

Largeur totale des pistes cyclables	
Type de piste cyclable à gauche	
Type de piste cyclable à droite	
Route verte	☐

Divers

Méthode de mesure de l'épaisseur de l'enrobé	Carottage
Type d'expertise de dalle	Carottage de dalle
Réaction alcali-silice	☐

Panneaux



Affichage

Tonnage	Sur place	Souhaitable	Recommandé
Type d'affichage	Aucun affichage	Aucun affichage	
	☐		☐

Date de la recommandation	
Raison écart affichage	

Services publics

	Responsable	Nombre	Emplacement
Bornes		1	Coin N-O, 93KZ005

Imprimé le 2009-02-23

Page 4 de 9

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

Numéro de structure 02629

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

DESCRIPTION (2)

Description

Travee	Type de structure	Sous-type de structure	Longueur de Travee (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
1	Pont à poutres en béton armé		14 670	Encastré	Encastré	2 870	Culée pleine	Culée pleine

Imprimé le 2009-02-23

Page 5 de 9

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

Numéro de structure 02629

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE
ÉLÉMENTS

Éléments

	Type struct.	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.
1	41	Cours d'eau et remblai	Cours d'eau															
1	41	Cours d'eau et remblai	Remblai	Granulaire						Sud								
1	41	Cours d'eau et remblai	Remblai	Granulaire						Nord								
1	41	Cours d'eau et remblai	Protection de talus	Perré / revêtement en pierres						Sud								
1	41	Cours d'eau et remblai	Protection de talus	Perré / revêtement en pierres						Nord								
1	41	Culées	Fondation	Fondation superficielle				Non spécifié	1									
1	41	Culées	Fondation	Fondation superficielle				Non spécifié	2									
1	41	Culées	Mur de front		Béton régulier	Acier noir			1			11 485	2 085		24	m2		Bénin
1	41	Culées	Mur de front		Béton régulier	Acier noir			2			11 430	2 140		24	m2		Bénin
1	41	Culées	Garde-grève		Béton régulier	Acier noir			1			11 485	930		11	m2		Bénin
1	41	Culées	Garde-grève		Béton régulier	Acier noir			2			11 430	975		11	m2		Bénin

Imprimé le 2009-02-23

Page 6 de 9

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

Numéro de structure 02629

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Éléments

	Type struct.	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.
1	41	Culées	Murs d'aile / en retour		Béton régulier	Acier noir			1		3 100		1 600		5	m2		Modéré
1	41	Culées	Murs d'aile / en retour		Béton régulier	Acier noir			2		3 500		1 400		5	m2		Modéré
1	41	Culées	Murs d'aile / en retour		Béton régulier	Acier noir			3		3 250		1 400		5	m2		Modéré
1	41	Culées	Murs d'aile / en retour		Béton régulier	Acier noir			4		3 200		1 400		4	m2		Modéré
1	41	Platelage	Surface de roulement		Enrobé						14 670	9 900	65		145	m2		Sévère
1	41	Platelage	Système de drainage		Acier régulier									1	1			Sévère
1	41	Platelage	Côtés extérieurs		Béton régulier	Acier noir				Ouest	14 670	1 110	520		24	m2		Sévère
1	41	Platelage	Côtés extérieurs		Béton régulier	Acier noir				Est	14 670	1 038	540		23	m2		Sévère
1	41	Platelage	Platelage	Dalle en béton régulier		Acier noir	Membrane de type 3	Aucune sécurisation			14 670	11 200			164	m2	1	Modéré
1	41	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutres	Béton armé	Béton régulier	Acier noir	Enduit et/ou imperméabilisant	Aucun renforcement	1		14 670	418	968		35	m2		Bénin
1	41	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutres	Béton armé	Béton régulier	Acier noir	Enduit et/ou imperméabilisant	Aucun renforcement	2		14 670	417	968		35	m2		Bénin
1	41	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutres	Béton armé	Béton régulier	Acier noir	Enduit et/ou imperméabilisant	Aucun renforcement	3		14 670	416	965		34	m2		Bénin

Imprimé le 2009-02-23 Page 7 de 9

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

Numéro de structure 02629

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

Éléments

	Type struct.	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.
1	41	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutres	Béton armé	Béton régulier	Acier noir	Enduit et/ou imperméabilisant	Aucun renforcement	4		14 670	416	962		34	m2		Bénin
1	41	Contreventements	Diaphragmes		Béton régulier	Acier noir				Extrémité				6	6	unité(s)		Bénin
1	41	Contreventements	Diaphragmes		Béton régulier	Acier noir				Milieu				6	6	unité(s)		Bénin
1	41	Chasse-roue / trottoir	Chasse-roue		Béton régulier	Acier noir				Ouest	19 600				20	m		Sévère
1	41	Chasse-roue / trottoir	Chasse-roue		Béton régulier	Acier noir				Est	19 600				20	m		Sévère
1	41	Dispositif de retenue	Glissière (gauche ou droite)	Modèles 25, 25A, 25M, 35, 45	Acier régulier		Galvanisation	Non		Ouest	19 280				19	m		Sévère
1	41	Dispositif de retenue	Glissière (gauche ou droite)	Modèles 25, 25A, 25M, 35, 45	Acier régulier		Galvanisation	Non		Est	19 280				19	m		Sévère
1	41	Approches	Transition de chaussée							Sud								
1	41	Approches	Transition de chaussée							Nord								
1	41	Approches	Glissière	Semi-rigide avec poteau de bois	Bois / Acier		Galvanisation			Sud	30 000				30	m		
1	41	Approches	Glissière	Semi-rigide avec poteau de bois	Bois / Acier		Galvanisation			Nord	30 000				30	m		

Imprimé le 2009-02-23

Page 8 de 9

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

Numéro de structure 02629

FICHE D'INVENTAIRE DÉTAILLÉE

REMARQUES

Identification

Routes

Obstacles

Description

Éléments

Note: Enduit mis en place aux extrémités des poutres en 2008.

Évaluation

Imprimé le 2009-02-23

Page 9 de 9

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	Inconnu		
Catégorie S/U/A	Autre		
Catégorie S/U/A souh			

Responsabilité

Resp. de gestion	10 - MTQ
Détail gestionnaire	
DG-DT-CS	566607 (Centre de services de Thetford-Mine
Rôle MTQ inspection	1 - Inspections annuelle et générale par le MTQ

Municipalités

Municipalité	CEP	MRC
Adstock	Frontenac	Les Appalaches
Saint-Joseph-de-Coleraine	Frontenac	Les Appalaches

...

Localisation

Latitude	46.023904	Longitude	-71.230901
Site			
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	640 785 $

ROUTES

P	Nom	Type de voie	R	T	S	SR	Ch. début	Classe route	Catég.
☑	Route 267	Route	00267	01	011	000	017+112	Collectrice	
☐	Route 267	Route	00267	01	021	000	000+000	Collectrice	

Circulation

DJMA	3 500	% camion	7	Longueur détour (km)	20.4	Vitesse détour (km/h)	70.0

Chaussée

Nbre de voies	2	Larg. carrossable (m)	9.9	Vitesse affichée (km/h)	90.0

Dégagement

Hauteur libre	actuelle (m)		affichée (m)		Gabarit ☐	Hauteur libre gab. (m)	

OBSTACLES

					Dégagement horizontal				Hauteur libre (m)	
					Gauche		Droit			
P	Nom	Type de voie	Classe route	Catég.	Act.	Prot.	Act.	Prot.	Act.	Aff.
☑	Rivière de l'Or	Cours d'eau				☐		☐	0.8	

Hydraulique

Hauteur eaux hautes extr. (m)	1.10	Eaux navigables	☐	Sujet à :	affouillement	☐
Hauteur eaux basses extr. (m)	0.10	Date autorisation			embâcle	☐
Année étude réalisée		No dossier fédéral			inondation	☐

Imprimé le 2009-02-23 Page 1 de 2

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INVENTAIRE ABRÉGÉE

No structure : 02629

DESCRIPTION

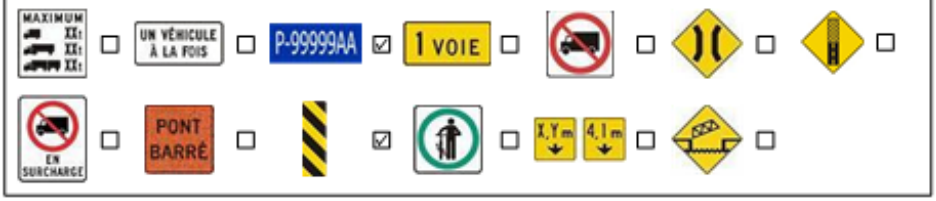
Dimension			
Longueur totale	19 600 mm		
Longueur du tablier	14 670 mm		
Largeur hors tout	11 200 mm		
Largeur carrossable	10 m		
Superficie du tablier	164.0 m²		
Type biais	Gauche	Angle du biais	13.00 °

Affichage	Surplace	Recommandé
Type d'affichage	Aucun	
Tonnage - camion porteur		
Tonnage - semi-remorque		
Tonnage - train routier		
Panneau 1 véhicule à la fois	☐	☐
Date de la recommandation		

Pistes cyclables				
Largeur totale des pistes cyclables			Route verte	☐
Type de piste cyclables	gauche		droite	

Trottoirs				
Présence de trottoir à:	gauche	☐	droite	☐

Panneaux requis



Services publics			
Téléphone ☐	Aqueduc ☐	Éclairage ☐	Bornes géodésiques ☑
Électricité ☐	Égout ☐	Gestion de trafic ☐	Conduits vides ☐
Câble ☐	Gaz ☐	Feux lumineux ☐	Autres ☐

Détail travée

#	Type de structure	Longueur	Nbre ptres	Type unité fond. S/O	Type unité fond. N/E
1	Pont à poutres en béton armé	14 670	4	Culée pleine	Culée pleine

15.4 LES FICHES D'INSPECTION GÉNÉRALE

Les fiches d'inspection générale sont produites par le système GSQ-6026 à partir des informations contenues à l'inventaire. Ainsi, tous les éléments présents à l'inventaire se retrouvent sur les fiches d'inspection. 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.

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 est constituée des quatre blocs suivants :

- l'identification de la structure;
- les données d'inspection;
- les commentaires;
- les activités recommandées au niveau des éléments.

À titre d'exemple, les fiches d'inspection générale de la structure 02629 sont présentées aux pages suivantes.

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INSPECTION - COMPLÉMENT

Numéro structure : **02629** Date de la dernière inspection :

Route :	Route 267	Type de structure :	41 - Pont à poutres en béton armé
Obsctacle :	Rivière de l'Or	Niveau de structure :	2 Fréq. effective (an) : 2
Municipalité :	Adstock	An. const. :	1965
Site :		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

ÉLÉMENTS À SURVEILLER LORS DE L'INSPECTION ANNUELLE

Commentaires **DEMANDE D'INFORMATIONS ADDITIONNELLES**

Inspections suggérées / suivi

- ☐ Spéciale
- ☐ Affouillement
- ☐ Éléments difficiles d'accès
- ☐ Risque de chutes de fragments de béton (sécurité)
- ☐ Sous marine
- ☐ Expertise de dalle
- ☐ Avis technique - fissuration béton
- ☐ Observation

ACTIVITÉ STRUCTURE

CODE	UNITÉ	QTÉ

CODE	UNITÉ	QTÉ

CODE	UNITÉ	QTÉ

Imprimé le 2009-03-09

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INSPECTION

Numéro de structure : **02629**		Municipalité :	Adstock
Route :	Route 267	Date de la dernière inspection :	
Obstacle :	Rivière de l'Or	Type de structure :	41 - Pont à poutres en béton armé

DONNÉES D'INSPECTION

	T.	GROUPE	ÉLÉMENT / TYPE	# Él.	Pos.	Qté	Unit.	N.I.	État du matériau (%) A	B	C	D	CEC
1	1	Cours d'eau et remblai	Cours d'eau	0		0		N.d.					
Commentaire :													
2	1	Cours d'eau et remblai	Remblai Granulaire	0	Sud	0		N.d.					
Commentaire :													
3	1	Cours d'eau et remblai	Remblai Granulaire	0	Nord	0		N.d.					
Commentaire :													
4	1	Cours d'eau et remblai	Protection de talus Perré / revêtement en pierres	0	Sud	0		N.d.					
Commentaire :													
5	1	Cours d'eau et remblai	Protection de talus Perré / revêtement en pierres	0	Nord	0		N.d.					
Commentaire :													
6	1	Culées	Fondation Fondation superficielle	1		0		N.d.					
Commentaire :													
7	1	Culées	Fondation Fondation superficielle	2		0		N.d.					
Commentaire :													
8	1	Culées	Mur de front	1		24	m2	N.d.					
Commentaire :													
9	1	Culées	Mur de front	2		24	m2	N.d.					
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

Imprimé le 2009-03-09 Numéro de page : 1 de 4

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INSPECTION

Numéro de structure : **02629**		Municipalité :	Adstock
Route :	Route 267	Date de la dernière inspection :	
Obstacle :	Rivière de l'Or	Type de structure :	41 - Pont à poutres en béton armé

DONNÉES D'INSPECTION

	T.	GROUPE	ÉLÉMENT/TYPE	# Él.	Pos.	Qté	Unit.	N.I.	État du matériau (%) A	B	C	D	CEC
10	1	Culées	Garde-grève	1		11	m2	N.d.					
Commentaire :													
11	1	Culées	Garde-grève	2		11	m2	N.d.					
Commentaire :													
12	1	Culées	Murs d'aile / en retour	1		5	m2	N.d.					
Commentaire :													
13	1	Culées	Murs d'aile / en retour	2		5	m2	N.d.					
Commentaire :													
14	1	Culées	Murs d'aile / en retour	3		5	m2	N.d.					
Commentaire :													
15	1	Culées	Murs d'aile / en retour	4		4	m2	N.d.					
Commentaire :													
16	1	Platelage	Surface de roulement	0		145	m2	N.d.					
Commentaire :													
17	1	Platelage	Système de drainage	0		1		N.d.					
Commentaire :													
18	1	Platelage	Côtés extérieurs	0	Ouest	24	m2	N.d.					
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

Imprimé le 2009-03-09

Numéro de page : 2 de 4

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INSPECTION

Numéro de structure : **02629**		Municipalité :	Adstock
Route :	Route 267	Date de la dernière inspection :	
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	# Él.	Pos.	Qté	Unit.	N.I.	A	B	C	D	CEC
19	1	Platelage	Cotes exteneurs	0	Est	23	m2	N.d.					
Commentaire :													
20	1	Platelage	Platelage Dalle en béton régulier	0		1	m2	N.d.					
Commentaire :													
21	1	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutres Béton armé	1		35	m2	N.d.					
Commentaire :													
22	1	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutres Béton armé	2		35	m2	N.d.					
Commentaire :													
23	1	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutres Béton armé	3		34	m2	N.d.					
Commentaire :													
24	1	Poutres à âme pleine / poutres-caissons	Poutres Béton armé	4		34	m2	N.d.					
Commentaire :													
25	1	Contreventements	Diaphragmes	0	Extrémité	6	unité (s)	N.d.					
Commentaire :													
26	1	Contreventements	Diaphragmes	0	Milieu	6	unité (s)	N.d.					
Commentaire :													
27	1	Chasse-roue / trottoir	Chasse-roue	0	Ouest	20	m	N.d.					
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

Imprimé le 2009-03-09 Numéro de page : 3 de 4

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

FICHE D'INSPECTION

Numéro de structure : **02629A**		Municipalité :	Adstock
Route :	Route 267	Date de la dernière inspection :	
Obstacle :	Rivière de l'Or	Type de structure :	41 - Pont à poutres en béton armé

DONNÉES D'INSPECTION

	T.	GROUPE	ÉLÉMENT / TYPE	# Él.	Pos.	Qté	Unit.	N.I.	État du matériau (%) A	B	C	D	CEC
28	1	Chasse-roue / trottoir	Chasse-roue	0	Est	20	m	N.d.					
Commentaire :													
29	1	Dispositif de retenue	Glissière (gauche ou droite) Modèles 25, 25A, 25M, 35, 45	0	Ouest	19	m	N.d.					
Commentaire :													
30	1	Dispositif de retenue	Glissière (gauche ou droite) Modèles 25, 25A, 25M, 35, 45	0	Est	19	m	N.d.					
Commentaire :													
31	1	Approches	Transition de chaussée	0	Sud	0		N.d.					
Commentaire :													
32	1	Approches	Transition de chaussée	0	Nord	0		N.d.					
Commentaire :													
33	1	Approches	Glissière Semi-rigide avec poteau de bois	0	Sud	30	m	N.d.					
Commentaire :													
34	1	Approches	Glissière Semi-rigide avec poteau de bois	0	Nord	30	m	N.d.					
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

Imprimé le 2009-03-09

Numéro de page : 4 de 4

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;
- 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.

La fiche d'inspection annuelle doit être signée par l'ingénieur responsable de l'inspection et conservée au dossier de la structure.

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 :	2
Municipalité :	Adstock	An. const. :	1965
Site :		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

ÉLÉMENTS PARTICULIERS À VÉRIFIER

Affichage: **Sur place :** Aucun affichage **Recommandé:**

SUIVI DES ÉLÉMENTS PARTICULIERS À VÉRIFIER

AUTRES DÉFAUTS OBSERVÉS

Nom des inspecteurs : _____ _____ DATE

_____

Signature ingénieur responsable : _____ _____ DATE

Imprim le 2009-02-23 Page 1 de 2

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 lit du cours d'eau, sur les berges ou sur l'avant-bec des piles.		
02	Accumulation de glaces sur l'avant-bec des piles ou immédiatement à l'amont de la structure.		
03	Affouillement des éléments de fondation ou érosion des remblais d'approche.		
04	Fêlure ou rupture des pièces de bois d'un banc ou des solives du platelage.		
05	Voilement local ou déformation des membrures en acier d'un banc ou d'une poutre triangulée.		
06	Éléments de tablier endommagés par les glaces ou par un véhicule trop haut.		
07	Déviation 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	Portiques ou contreventements transversaux d'un pont à poutres triangulées endommagés par un véhicule trop haut.		
09	Platelage semblant ne pas avoir la capacité nécessaire pour supporter la charge de roue d'un véhicule lourd ou platelage défoncé.		
10	Éléments en acier d'un joint de dilatation qui claquent ou qui se soulèvent au passage des véhicules.		
11	Garniture en élastomère d'un joint de dilatation soulevée ou arrachée.		
12	Décalage vertical entre les deux côtés d'un joint de dilatation ou pièces saillantes qui peuvent être accrochées par les véhicules de déneigement.		
13	Affaissement important à l'approche immédiate.		
14	Nids de poule ou cavités importantes dans la couche d'enrobé bitumineux.		
15	Madriers de plancher très endommagés, mal assujettis ou manquants.		
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 dilatation, sur les membrures inférieures d'une poutre triangulée ou dans les drains.		
18	Garde-fous ou glissières sur les ponts ou sur les approches endommagés, renversés ou manquants.		
19	Grille de cuvette ou de puisard endommagée, déplacée ou manquante.		
20	Érosion du remblai d'approche à l'extrémité des murs en retour ou en ailes.		
21	Minage de la protection des talus causé par un mauvais drainage ou des drains mal disposés.		
22	Panneaux de signalisation ou de présignalisation manquants, spécialement ceux relatifs à une restriction de charges.		

Imprim le 2009-02-23 Page 2 de 2

15.6 LE RAPPORT D'INSPECTION GÉNÉRALE

Le rapport d'inspection générale est produit par le système GSQ-6026 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 ≥ 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.

À titre d'exemple, le rapport d'inspection générale de la structure 02629 est présenté aux pages suivantes.

Le rapport d'inspection générale doit être signé par l'ingénieur responsable de l'inspection et conservé au dossier de la structure

Système de gestion des structures (GSQ-6026)

RAPPORT D'INSPECTION GÉNÉRALE

Date de l'inspection : 2009-02-23 — Statut : PARTIELLE

Numéro de structure :	**02629**	Type de structure :	41 - Pont à poutres en béton arm
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 :	2

ÉLÉMENTS RETENANT L'ATTENTION

T.	GROUPE	ÉLÉMENT	Pos.	Qté	Unit.	N.I.	A	B	C	D	CEC

DEMANDES D'INFORMATIONS ADDITIONNELLES

Commentaires

Inspections suggérées / suivi

Spéciale	☐	Sous marine	☐	Éléments difficiles d'accès	☐
Affouillement	☐	Expertise de dalle	☐	Avis technique - fissuration béton	☐
Risque de chutes de fragments de béton		☐	Observation		☐

INDICATEURS DE GESTION

Inspection actuelle	Inspection précédente
IMS :	IMS :
ICS :	ICS :
CECS :	CECS :

Structure avec déficiences : État : ☐ Fonctionnalité : ☐

PROCHAINE INSPECTION GÉNÉRALE

Fréquence suggérée : 2 — Effective : 2 — Année prochaine inspection : 2009

INSPECTEURS

Nom des inspecteurs :

Firme :

Ingénieur responsable de l'inspection : _____

Imprimé le 2009-02-23 — Page 1 de 1

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 : 2009-02-23

Route : Route 267 Obstacle : Rivière de l'Or Municipalité : Adstock

Activité	Quantité	Unité	$/Unité	Total	Travée	Groupe	Elément	Numéro	Position

Aucune activité trouvée

Ingénieur responsable de l'inspection : _____ Date : _____

Imprimé le 2009-02-23 Page 1 de 1