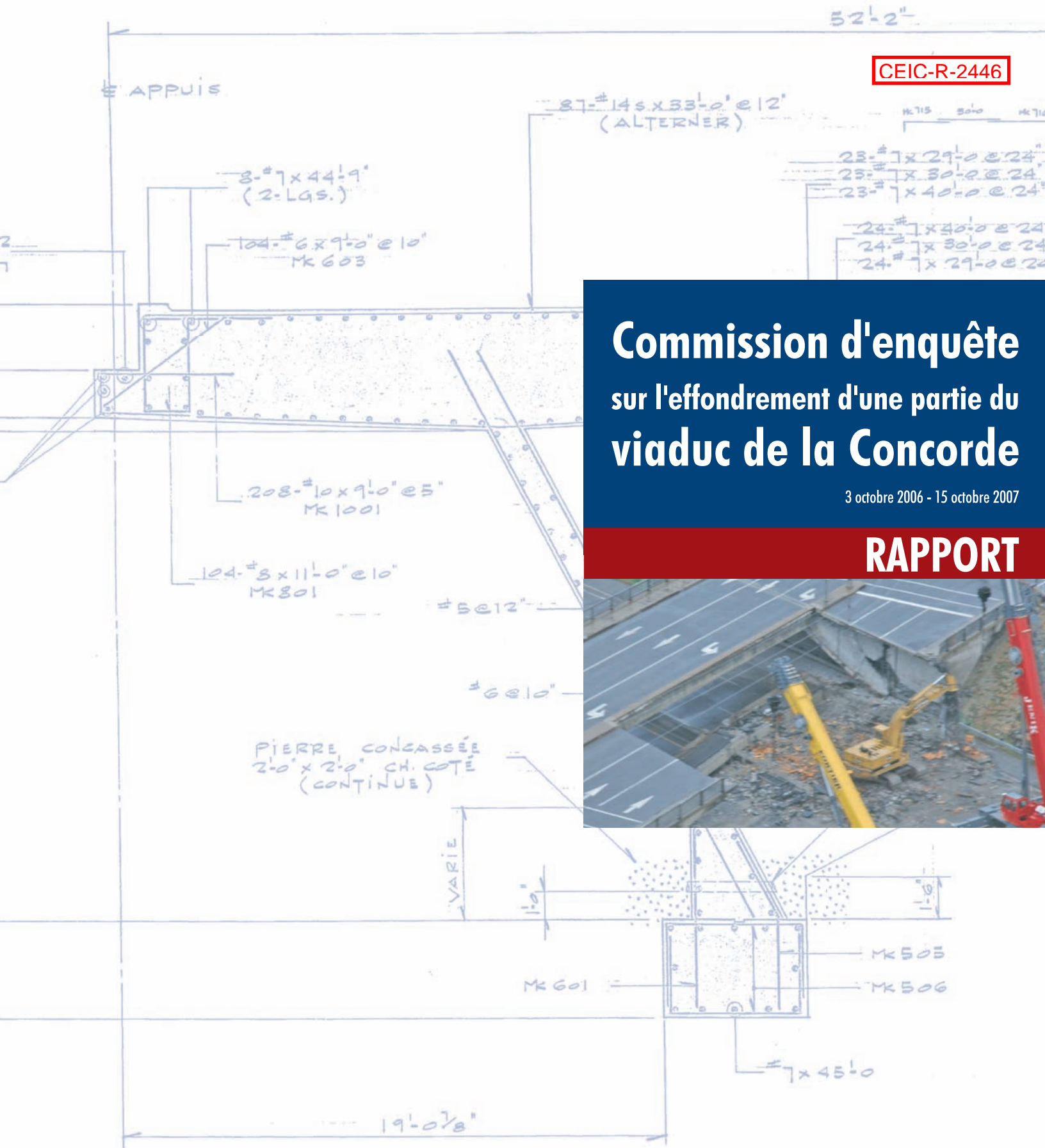
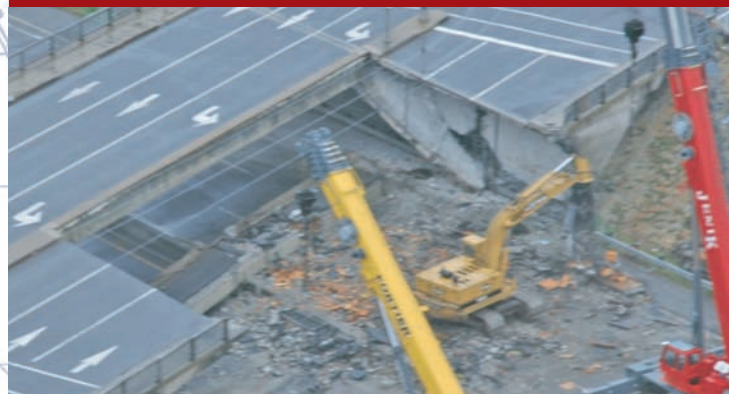


CEIC-R-2446

Commission d'enquête sur l'effondrement d'une partie du viaduc de la Concorde

3 octobre 2006 - 15 octobre 2007

RAPPORT



**Commission d'enquête
sur le viaduc
de la Concorde**

Québec 

Membres de la Commission

M^e Pierre Marc Johnson, avocat, président
M. Armand Couture, ingénieur, commissaire
M. Roger Nicolet, ingénieur, commissaire

Secrétaire de la Commission

M^e Nicole Trudeau, avocate

Création et direction graphique

M^{me} Martine Desprez, concepteur graphique

Imprimeur

Transcontinental Métrolitho

Dépôt légal - 4^e trimestre 2007

Bibliothèque nationale du Québec

Bibliothèque nationale du Canada

ISBN 978-2-550-50959-2

© Gouvernement du Québec - 2007

Tout au long de son enquête, la Commission a cherché à comprendre les causes et les circonstances des événements tragiques survenus le 30 septembre 2006.

À la mémoire de

Mathieu Goyette

Véronique Binette

Jean-Pierre Hamel

Sylvie Beaudet

Gilles Hamel

En hommage à

Gabriel, fils de Jean-Pierre Hamel et Sylvie Beaudet

Mélanie et Yannick, enfants de Gilles Hamel

Aux personnes blessées

Louise Bédard

Paul Cousineau

Claude Bastien

Mohamed Ashraff Umerthambi

Anne Leblanc

Robert Hotte

À toutes les personnes qui furent touchées par cet événement.

Montréal, le 12 octobre 2007

Monsieur Gérard Bibeau
Secrétaire général du Conseil exécutif
Ministère du Conseil exécutif
885, Grande Allée Est
Édifice J. 2^e étage
Québec (Québec) G1A 1A2

Objet : Rapport d'enquête sur l'effondrement d'une partie du viaduc de la Concorde

Monsieur le Secrétaire général,

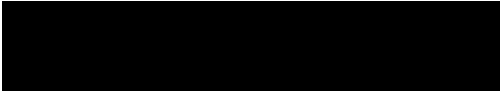
Nous, les Commissaires, conformément au mandat qui nous a été confié par le décret 875-2006, pris le 3 octobre 2006 et conformément à la *Loi sur les commissions d'enquête*, vous soumettons respectueusement notre rapport d'enquête.



Pierre Marc Johnson, avocat
Président



Armand Couture, ingénieur
Commissaire



Roger Nicolet, ingénieur
Commissaire

Toute la preuve entendue et déposée lors des audiences publiques de la Commission accompagne ce rapport grâce à l'utilisation de la technologie DVD ; celles et ceux qui le désirent pourront y accéder par l'Internet à l'adresse www.cevc.gouv.qc.ca où se retrouvent aussi les transcriptions écrites, vidéo et audio des travaux en audience de la Commission.

MOT DU PRÉSIDENT

L'effondrement du viaduc de la Concorde, le 30 septembre 2006, a entraîné dans la mort cinq personnes et fait six blessés. Cette catastrophe aura bouleversé à tout jamais la vie des blessés et celle des proches de toutes les victimes. L'événement a touché la conscience d'un grand nombre de personnes parce qu'il était à la fois tragique, inhabituel et inacceptable. Il fallait absolument identifier la racine même des causes de l'effondrement afin de proposer les mesures qui doivent être prises pour en empêcher toute répétition.

À la fois des causes physiques et des interventions humaines expliquent ce qui s'est passé le 30 septembre 2006. Des changements aux codes, aux manuels et aux pratiques, avec les connaissances d'aujourd'hui, permettront de prévenir à l'avenir les premières. Quant aux secondes, nous savons maintenant qu'il y a près de 40 ans, l'incurie a sévi sur le chantier de construction du viaduc de la Concorde, suivie pendant toute la durée de la vie utile de la structure de manques et de défauts dans sa gestion. Pour que cette chaîne d'événements et circonstances ne se reproduise plus, il faut que prévalent la vigilance et une conscience aiguisée et constante de la rigueur exigée dans la construction, l'inspection et l'entretien des ponts.

Nous avons rempli notre mandat avec une indépendance absolue et avec transparence. Nos conclusions quant aux causes de l'effondrement reposent sur la preuve faite et déposée en audiences publiques et en présence des participants aux travaux de la Commission.

Nos recommandations impliquent des changements aux cadres législatif et administratif qui régissent la construction ainsi que l'inspection et l'entretien des structures. Elles sont aussi tournées vers l'avenir.

Je suis convaincu que nos recommandations permettront de corriger les failles que nous avons décelées et d'améliorer de façon durable l'état de nos ponts et viaducs. Un défi de grande taille attend les gouvernements et les centaines de personnes dont le travail est essentiel à assurer la sécurité du public et à maintenir des infrastructures en bon état et efficaces.

Avant d'identifier et remercier celles et ceux qui m'ont épaulé dans l'accomplissement de ma tâche, je tiens à exprimer mon appréciation aux personnes qui ont accompli leur devoir de citoyen en collaborant à nos travaux. Tous les témoins et experts que nous avons entendus se sont présentés volontairement, sans assignation à comparaître. Ce devoir de citoyen n'est pas toujours facile à remplir. Je suis conscient qu'il peut être intimidant de se présenter en public et, sous serment et d'une façon franche et directe, rendre compte de faits et gestes mettant en cause institutions et organisations d'importance et les personnes y oeuvrant. L'occasion m'est offerte ici de soulever l'utilité de refondre la *Loi sur les commissions d'enquête*, notamment pour y inclure des dispositions de protection pour les personnes collaborant à ce processus public. En s'inspirant de la *Charte des droits et libertés de la personne*, la Loi devrait créer une

infraction contre quiconque exerce ou menace d'exercer des représailles contre les personnes qui ont collaboré avec une Commission, en confiant à un tribunal le pouvoir d'émettre toute ordonnance utile et même d'imposer des dommages exemplaires.

Je remercie d'abord, pour avoir fait profiter nos travaux de leur grande expérience et de leur sagesse, mes collègues les commissaires Armand Couture et Roger Nicolet, deux formidables ingénieurs. Ils ont apporté une contribution cardinale à l'orientation du programme de recherche et à la définition des mandats des experts se penchant sur les causes de l'effondrement. Ils ont saisi avec justesse les implications des découvertes concernant les dalles épaisses pleines sans armature en cisaillement, ce qui a permis à la Commission, en cours de mandat, de contribuer à l'orientation du plan d'action du ministère des Transports du Québec visant à identifier les ouvrages vulnérables et à procéder aux interventions qui s'imposaient.

M^e Michel Décary, notre avocat principal, un homme d'une expérience unique, a dirigé les audiences publiques et le travail préparatoire avec une grande rigueur et avec intelligence et droiture, en sachant maintenir un esprit d'équipe productif. Il a pu compter sur le souffle et la méticulosité de M^e Marie Cossette, procureure adjointe, ainsi que sur M^{es} Jean-Patrice Dozois et Poseidon Retsinas, dont la contribution fut importante. Je leur en suis reconnaissant.

La coordination des travaux de la Commission incombait à M^e Nicole Trudeau que je remercie pour sa patience, sa discipline de fer et son efficacité, tout comme je remercie M^e Monique Michaud, notre greffière, une gestionnaire sans pareil des aspects documentaires tout à fait essentiels à nos travaux.

M. Michel Lemoine, ingénieur et avocat, et M. Paul Croteau, ingénieur, Ph.D, ont démontré une grande efficacité à mettre en lumière les différents aspects des causes de l'effondrement. Je les remercie en particulier pour une contribution tout à fait exceptionnelle à servir l'intérêt et la sécurité du public en cours de mandat.

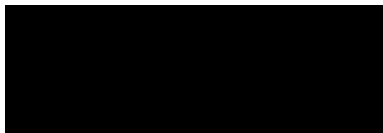
M. Julien Lemieux et son équipe ont vu à soutenir discrètement le travail de la Commission en fournissant les services administratifs, de communication et d'informatique, y compris le site Internet permettant aux citoyens de suivre le déroulement de notre enquête. Je le remercie, ainsi que toute l'équipe d'assistant(e)s et secrétaires qui ont su faire fi des heures, particulièrement lors des deux derniers mois de nos travaux.

Je suis reconnaissant à M^{me} Martine Desprez, responsable de la mise en forme des productions française, anglaise et électronique du rapport, pour avoir subi sans perdre sa bonne humeur les avatars d'un échéancier aussi exigeant qu'incontournable.

J'exprime ma gratitude aux deux adjoints particuliers des commissaires, M^e Vincent Regnault et M. Guy Versailles, ARP, pour leurs nombreuses contributions et leur acharnement à remplir tous et chacun des mandats que nous leur avons confiés.

Je tiens finalement à remercier celles et ceux qui ont contribué directement ou indirectement à la tenue de nos travaux, les procureurs des parties, les nombreux experts, ainsi que les nombreuses personnes qui ont accepté d'alimenter la réflexion des commissaires dans la préparation de leurs recommandations.

Je réitère à chacune et chacun qui se reconnaîtront ma gratitude pour m'avoir facilité la tâche de diriger les travaux de la Commission d'enquête sur l'effondrement d'une partie du viaduc de la Concorde.



Pierre Marc Johnson, avocat
Président

Montréal, le 12 octobre 2007

INTRODUCTION DES COMMISSAIRES

Le gouvernement a confié à la Commission d'enquête sur l'effondrement d'une partie du viaduc du boulevard de la Concorde à Laval (la « Commission »), le mandat d'enquêter sur les circonstances et les causes de l'effondrement partiel du viaduc de la Concorde et de formuler des recommandations quant aux mesures à prendre afin d'éviter que de tels événements ne se reproduisent.

Nos premiers mots vont aux familles et aux proches des victimes ainsi qu'aux blessés et à leur entourage. L'événement tragique du 30 septembre 2006 a entraîné cinq décès et bouleversé pour longtemps la vie de nombreuses personnes. Nous tenons à leur manifester à nouveau notre sympathie et nos vœux de courage en souhaitant que la tenue de notre enquête et le contenu de ce Rapport aient contribué – si modestement que ce soit – à la résolution de leur deuil ou à la compréhension de l'origine de leur épreuve.

La Commission s'est astreinte avec rigueur aux principes et prescriptions à l'égard des pouvoirs des commissions d'enquête édictés par la Cour suprême du Canada dans l'arrêt *Krever* rendu en 1997 et ce, malgré que, dans cet arrêt, la Cour interprétait la loi fédérale sur les enquêtes et non la loi du Québec. On y retrouve notamment les principes suivants :

- la commission d'enquête ne constitue pas une cour de justice ni un tribunal, et n'est aucunement habilitée à déterminer la responsabilité légale ;
- la commission d'enquête ne suit pas nécessairement les mêmes règles de preuve ou de procédure qu'une cour de justice ou un tribunal ;
- étant donné les deux points précédents, les commissaires devraient s'efforcer de ne pas exprimer leurs conclusions selon le libellé précis de la culpabilité criminelle ou de la responsabilité civile, sinon leurs conclusions risquent d'être perçues par le public comme des déclarations de responsabilité criminelle ou civile ;
- les commissaires ont le pouvoir de tirer toutes les conclusions de faits pertinentes qui sont nécessaires pour expliquer ou appuyer les recommandations, même si ces conclusions peuvent nuire à la réputation de certaines personnes ;
- les commissaires peuvent conclure à l'existence d'une faute sur la foi des conclusions de fait, pourvu que ces conclusions soient nécessaires à la réalisation de l'objet de l'enquête tel qu'il est décrit dans le mandat ;
- les commissaires peuvent conclure qu'il y a eu manquement à une norme de conduite, pourvu qu'il ressorte clairement qu'il ne s'agit pas d'une norme légalement contraignante telle que la conclusion soit assimilable à une conclusion de droit au sujet de la responsabilité criminelle ou civile ;

- les commissaires doivent assurer le respect de l'équité procédurale dans le déroulement de l'enquête.

À partir de la recherche préliminaire menée par le personnel de la Commission et des témoignages offerts spontanément par un grand nombre de personnes, nous avons convoqué en audience publique toutes les personnes – 58 au total – qui nous semblaient pouvoir contribuer au dossier.

Nous avons analysé une abondante documentation, pris connaissance des mémoires des participants et des intervenants et étudié les rapports scientifiques produits par les experts retenus tant par la Commission que par certains des participants. La Commission a scruté le viaduc de la Concorde sous tous les angles, depuis le concept préliminaire et la conception jusqu'au mécanisme final de son effondrement, en passant par sa construction, les matériaux qui furent utilisés et les personnes qui y ont travaillé. Ensuite, nous avons étudié l'impact des éléments naturels et de la circulation, les inspections dont l'ouvrage a fait l'objet, son entretien et les travaux qui y furent réalisés tout au long de sa vie utile. Des répliques d'une section du porte-à-faux furent construites en laboratoire soit pour le compte de la Commission, soit pour celui du ministère des Transports du Québec.

La Commission a ainsi accumulé un corpus imposant de recherches, d'analyses et parfois de découvertes de nature scientifique. Ces milliers d'heures-personnes de travail méticuleux sur le seul viaduc de la Concorde nous ont permis de poser un regard rétrospectif sur la vie de l'ouvrage, avec des connaissances dont les acteurs de l'époque ne pouvaient bénéficier. Nous sommes conscients que ce qui est devenu évident après toutes ces heures de recherche ne pouvait l'être de manière aussi claire au moment où les acteurs agissaient à l'égard des phases de l'existence de la structure. Nous avons tenu compte de ce facteur dans nos constats et dans nos conclusions.

Les travaux de la Commission ont produit des résultats de plusieurs ordres.

Les travaux des chercheurs quant aux causes de l'effondrement du viaduc de la Concorde ont permis d'identifier clairement un risque que ne couvraient pas les normes en vigueur durant les années 1970, au cours desquelles de nombreux ouvrages furent construits, ni les normes actuelles de construction des ponts à dalle épaisse pleine sans armature en cisaillement, en présence de béton dégradé. Nous avons jugé nécessaire d'en saisir le gouvernement sans attendre, permettant ainsi au ministère des Transports d'adapter son plan d'action afin de vérifier les structures visées. Les autorités canadiennes et américaines ont aussi été avisées car de telles structures existent partout sur le continent.

La Commission a aussi établi la chaîne des causes ayant mené à l'effondrement. Une précision s'impose ici : la Commission est d'avis que l'effondrement du viaduc de la Concorde ne peut être attribué à une seule entité ou à une seule personne. Aucun des défauts ou des manquements identifiés n'aurait pu, seul, causer cet effondrement, qui résulte d'un enchaînement séquentiel de causes. L'effondrement résulte d'un cumul de défaillances. C'est avec cette connaissance qu'il faut comprendre et interpréter les reproches et les blâmes contenus dans ce rapport.

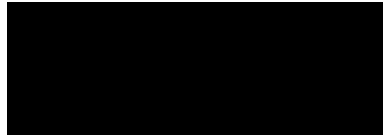
Cette précision étant fait, la Commission a démontré clairement le rôle désolant joué par des entreprises et par certaines personnes ayant participé à la construction et à la surveillance des travaux de construction du viaduc de la Concorde, il y a près de 40 ans. Ayant entendu la preuve et pris connaissance des documents déposés, les commissaires ont conclu que les entreprises Desjardins, Sauriol & Associés, Inter State Paving inc. et Acier d'armature de Montréal (1968) ltée doivent être blâmées, ainsi que leurs dirigeants responsables du chantier.

La Commission a voulu savoir comment les défauts du viaduc de la Concorde avaient pu échapper à l'attention des gestionnaires de la structure jusqu'au moment de l'effondrement. La Commission a reproché et déploré certains manquements, mais elle a surtout tenu à blâmer le ministère des Transports du Québec pour les lacunes identifiées dans sa gestion des ouvrages. Devant l'évidence de l'effondrement, force est de conclure que les systèmes mis en place pour garantir la sécurité des ouvrages fréquentés par la population comportent des failles qu'il fallait identifier et qu'il faut corriger. La Commission est d'avis que le ministère des Transports du Québec doit reconnaître cette défaillance; il doit y remédier. Les organismes centraux du gouvernement doivent soutenir cet effort essentiel au maintien de la sécurité du public.

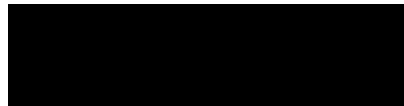
Enfin, nous avons constaté l'état de dégradation des ponts du Québec. Deux précisions s'imposent à cet égard. En premier lieu, la Commission ne veut pas laisser entendre qu'il soit dangereux de circuler sous ou sur les ponts du Québec. L'un des effets de l'effondrement du viaduc de la Concorde aura été d'aiguiser la vigilance des responsables de leur inspection. Par ailleurs, le mécanisme ayant conduit à l'effondrement du viaduc de la Concorde a été clairement identifié et le ministère des Transports prend déjà les mesures nécessaires pour sécuriser le réseau des structures. Ensuite, la dégradation des infrastructures routières est un phénomène généralisé sur le continent nord-américain. Néanmoins, les indices de dégradation sont plus prononcés au Québec. Voilà pourquoi la Commission recommande un virage rapide et énergique qui permettra non seulement de stabiliser la situation, mais aussi de redonner à la population du Québec des infrastructures de premier ordre.

Nous désirons remercier tout le personnel de la Commission ainsi que les nombreux experts ayant participé à nos travaux. Ces personnes – avocats, ingénieurs, scientifiques, personnel de gestion et de soutien et autres collaborateurs – ont consenti un immense effort en très

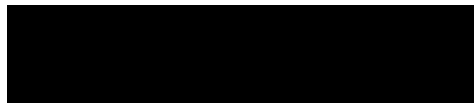
peu de temps, acceptant souvent de mettre en veilleuse pour plusieurs mois leurs obligations professionnelles régulières et parfois de reporter des projets personnels afin d'organiser et de mener à bien les études, les audiences, les consultations et la production de ce rapport. Nous remercions aussi les nombreuses personnes qui ont généreusement accepté de nous consacrer du temps afin de nous éclairer sur l'un ou l'autre des multiples aspects de nos travaux. Nous remercions enfin le gouvernement du Québec de nous avoir confié ce mandat.



Pierre Marc Johnson, avocat
Président



Armand Couture, ingénieur
Commissaire



Roger Nicolet, ingénieur
Commissaire

SOMMAIRE

S.1	La Commission, son organisation, ses travaux	1
S.2	Conception et construction du viaduc de la Concorde	1
S.3	Particularités du viaduc de la Concorde	2
S.4	Inspection, entretien et réparation	4
S.5	Constats de la Commission	5
S.6	Causes de l'effondrement	5
S.6.1	Causes principales	6
S.6.2	Causes physiques contributoires	7
S.6.3	Conclusions quant aux comportements des personnes et aux activités des entreprises et organisations	8
S.7	Recommandations	9
S.7.1	Codes, normes et manuels	9
S.7.2	Conception, construction et surveillance des ouvrages	10
S.7.3	Gestion au MTQ	12
S.7.4	Ponts municipaux	14
S.7.5	Remise en état des ponts du Québec	14
S.7.6	Perspectives	17

CHAPITRE 1

1. LA COMMISSION, SON MANDAT, SES RÈGLES DE FONCTIONNEMENT ET SES TRAVAUX

1.1	Mandat et composition de la Commission	19
1.2	Programme de conservation de la preuve	20
1.3	Plan de travail de la Commission	21
1.3.1	Recherche et identification de documents et sources documentaires	21
1.3.2	Recherches concernant les causes physiques	22
1.3.3	Recherches générales liées à la gestion des ouvrages	23
1.4	Aspects juridiques de l'enquête	23
1.4.1	Audiences préliminaires et décisions rendues	24
1.4.1.1	Statut de participant et d'intervenant	24
1.4.1.2	Demande de récusation	25
1.5	Audiences sur le fond	25

CHAPITRE 2

2. L'OUVRAGE, TEL QUE CONÇU ET TEL QUE CONSTRUIT

2.1	Disposition générale de l'ouvrage	27
2.2	Les culées et les barres d'armature, <i>telles que conçues</i>	31
2.3	Les culées et les barres d'armature, <i>telles que construites</i>	37
2.4	Quelques notions de résistance des matériaux	39
2.4.1	Traction et compression	39
2.4.2	Cheminement des forces internes dans le porte-à-faux	39
2.4.3	Flexion et cisaillement	41
2.5	Béton des culées	41
2.6	Poutres-caissons et travée centrale	41
2.7	Membrane	45
2.8	Remarques quant à la nature particulière de cet ouvrage	45

CHAPITRE 3

3. LES CIRCONSTANCES ENTOURANT L'EFFONDREMENT

3.1	Observations des témoins oculaires avant l'effondrement	47
3.1.1	Flaque d'eau	48
3.1.2	Morceaux de béton	48
3.1.3	Dénivellation entre le tablier et l'approche est du viaduc	48
3.1.4	Deux témoignages contredisent ce qui précède	49
3.2	Système de signalement	50
3.2.1	Système Laval 9-1-1	50
3.2.2	Système de surveillance et de signalement du ministère des Transports du Québec	50
3.3	Surveillant routier	51
3.4	L'effondrement causant morts et blessés	54
3.5	L'effondrement raconté par les témoins oculaires	55
3.6	Secours et sécurisation du périmètre	55
3.6.1	Service des incendies de la Ville de Laval	56
3.6.2	Sûreté du Québec	56

3.7	Ministère des Transports du Québec	57
3.7.1	Mesures d'urgence et repérage des structures à risque	57
3.7.2	Viaducs de la rue de Blois, de Joliette et de Saint-Alphonse-de-Granby	59
3.7.3	Ponts sous la responsabilité des municipalités	59
3.7.4	Recherche et conservation de documents	60
3.8	Premiers gestes posés par la Commission	61

CHAPITRE 4

4. LA CONCEPTION, LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DU VIADUC DE LA CONCORDE

Les faits mis en preuve devant la Commission	63
4.1 Introduction	63
4.2 Études d’avant-projet – naissance du concept	65
4.3 Contrat de services professionnels – obligations reliées à la conception	68
4.3.1 Plans et devis	69
4.4 Conception du viaduc et calculs détaillés	71
4.4.1 Conception des suspentes en U	72
4.4.2 Fabrication et pose des suspentes en U	73
4.4.3 Autres considérations	74
4.4.4 Caractéristiques du béton	75
4.4.5 Viaduc de Blois	75
4.4.6 Les plans « tel que construit »	76
4.5 Construction de l’ouvrage	77
4.5.1 Obligations de l’entrepreneur	79
4.5.2 Organisation interne d’Inter State Paving inc.	80
4.5.3 Travaux en sous-traitance	81
4.5.3.1 Fournisseur des aciers d’armature	81
4.5.3.1.1 Entreprise de M. Raymond Bernard	81
4.5.3.1.2 Entreprise de M. Raymond Lessard	82
4.5.3.2 Commentaires relatifs à la pose des barres d’armature	82
4.5.3.2.1 Barres d’armature principales n° 14	82
4.5.3.2.2 Barres d’armature supplémentaires de support n° 6	83
4.5.3.3 Fournisseur du béton des murs et des structures	83

Table des matières

4.6	Surveillance des travaux	85
4.6.1	Rôle du Ministère dans la surveillance	85
4.6.2	Obligations de Desjardins Sauriol & Associés	85
4.6.3	Organisation de chantier de Desjardins Sauriol & Associés	86
4.6.3.1	Moment de la surveillance	88
4.6.4	Obligations d'Inter State Paving inc.	90
4.6.5	Organisation de chantier d'Inter State Paving inc.	90
4.6.6	Laboratoires Ville-Marie inc. et contrôle des matériaux	92
4.6.7	Acceptation finale des travaux	94
4.7	Inspection, entretien et réparations durant la vie de l'ouvrage	94
4.7.1	Organisation administrative du Ministère	94
4.7.2	Dossier de l'ouvrage	95
4.7.3	Inspections, entretien et réparations réalisés avant 1992	96
4.7.4	Réparation de 1992	98
4.7.4.1	Relevé de dommages	98
4.7.4.2	Préparation des plans et devis	100
4.7.4.3	Exécution des travaux et observations	102
4.7.4.3.1	Équipements lourds	102
4.7.4.3.2	Enlèvement du béton sur une profondeur plus grande que prévu	102
4.7.4.3.3	Absence d'étalement et de calculs structuraux	103
4.7.4.3.4	Constat de l'installation inadéquate de l'armature	103
4.7.4.3.5	Nettoyage de la surface et agent de liaison	104
4.7.4.3.6	Absence de la membrane prévue au devis	104
4.7.5	Inspections, entretien et réparations réalisés entre 1993 et 2004	105
4.7.6	Inspection spéciale de 2004	106
4.7.6.1	Inspection spéciale et démarches préalables	107
4.7.6.2	Constats <i>in situ</i>	109
4.7.6.3	Réponse préliminaire et analyse des informations	111
4.7.6.4	Réponse écrite transmise par la Direction des structures en mars 2005	112
4.7.6.5	Délai de réponse et production d'un rapport d'inspection spéciale	112
4.7.6.5.1	Suivi donné aux recommandations de la Direction des structures	113
4.8	Inspections entre 2004 et 2006	114

CHAPITRE 5

5. EXPERTISES

5.1	Introduction	117
5.2	Nature et envergure des travaux d'expertise	118
5.3	Conception	119
5.3.1	Caractère particulier de la structure	119
5.3.2	Vérification de la capacité selon le Code CSA-S6-1966	120
5.3.2.1	Résistance en cisaillement	121
5.3.2.2	Calcul des zones perturbées	121
5.3.2.3	Évolution des codes entre 1966 et 2006	121
5.3.3	Vérification de la capacité selon le Code CSA-S6-2006	123
5.3.3.1	Analyse des contraintes	123
5.3.3.2	Résistance en cisaillement dans la dalle épaisse	124
5.3.3.3	Conception de la zone perturbée de la chaise	125
5.3.3.4	Manuel d'évaluation de la capacité portante du MTQ	125
5.3.4	Détails de l'acier d'armature	126
5.3.5	Devis spécial sur le béton	127
5.3.6	Drainage	128
5.4	Construction	129
5.4.1	Géométrie	129
5.4.2	Installation des barres d'armature	130
5.4.3	Mesures de la résistance et teneur en air du béton	131
5.4.4	Imperméabilisation du tablier	132
5.5	Réparation de 1992	133
5.5.1	Ampleur des travaux	133
5.5.2	Procédures du MTQ en matière de réparation d'un joint	134
5.5.3	Évaluation de la réparation de 1992 et de son impact sur la vie de l'ouvrage	134
5.6	Inspections par le MTQ	138
5.6.1	Manuels d'inspection	139
5.6.2	Tenue du dossier	141
5.6.3	Inspections durant la vie de l'ouvrage	142

Table des matières

5.7	Inspection spéciale de 2004	143
5.8	Essais de chargement en laboratoire	148
5.8.1	Similitudes et différences entre les deux séries d'essais	148
5.8.2	Résultats des essais	149
5.8.3	Commentaires sur les résultats	150
5.9	Analyse structurale	151
5.9.1	Analyses de la structure sous les charges mortes et vives	151
5.9.2	Analyse en condition dégradée	152
5.9.3	Analyse considérant le remplacement du joint	153
5.9.4	Analyses thermiques	153
5.9.4.1	Rapport principal des experts du MTQ	153
5.9.4.2	Analyses thermiques additionnelles	154
5.10	Dissection et carottage complémentaires	155
5.10.1	Expertises additionnelles de dissection	155
5.10.2	Continuité des fissures	155
5.10.3	Antériorité des fissures	157
5.11	Plan d'action du MTQ et son évolution pendant l'enquête	158
5.11.1	Les enjeux concernant l'identification des ouvrages à risque	158
5.11.2	Les communications de la Commission avec le MTQ	158
5.11.3	Les communications de la Commission avec les autorités réglementaires	160
5.12	Conclusions sur les expertises	160

CHAPITRE 6**6. LES CAUSES DE L'EFFONDREMENT**

6.1	Introduction	161
6.2	Consensus des experts	161
6.3	Mécanisme de l'effondrement	163
6.3.1	Séquence de l'effondrement	163
6.3.2	Constatations quant aux surfaces de rupture	165
6.3.3	Effondrement soudain	168
6.3.4	Endommagement progressif	169

6.4	Causes physiques principales	172
6.4.1	Mauvais détail d'ancrage des armatures dans le haut de la chaise	172
6.4.2	Mise en place inadéquate des armatures	173
6.4.3	Béton non résistant aux cycles successifs de gel-dégel	173
6.5	Apparition du plan de fissuration	173
6.6	Causes physiques contributives	174
6.6.1	Absence d'armature en cisaillement dans la dalle épaisse pleine	174
6.6.2	Absence d'étanchéité à la surface de la dalle épaisse pleine	174
6.6.3	Dommages causés lors des travaux de 1992	175
6.7	Conclusions sur les causes de l'effondrement	176
6.7.1	Conclusions quant à la conception du viaduc de la Concorde	176
6.7.2	Conclusions quant à la construction du viaduc de la Concorde	176
6.7.3	Conclusions quant aux interventions de réparation du viaduc de la Concorde	177
6.7.4	Conclusions quant aux comportements des personnes et aux activités des entreprises et organisations	177

CHAPITRE 7

7. LES RECOMMANDATIONS DE LA COMMISSION

7.1	Le troisième volet du mandat de la Commission	179
7.2	La gestion des ouvrages	180
7.2.1	Les codes, les normes, les manuels	180
7.2.2.	La conception, la construction et la surveillance des ouvrages d'art	181
7.2.3	La gestion au ministère des Transports du Québec	184
7.3	Un réseau qui se dégrade	185
7.3.1	Ponts dont la responsabilité est assumée par le MTQ	185
7.3.2	Les deux grands indices de classification des ponts	186
7.3.3	Évaluation des structures sous la responsabilité du MTQ	187
7.3.3.1	Le Réseau routier supérieur (RRS)	187
7.3.3.2	Le Réseau routier municipal (RRMUN)	188
7.3.3.3	Les ouvrages dans les municipalités de plus de 100 000 habitants	190
7.3.3.4	Considérations budgétaires	190

Table des matières

7.3.4	Comparaison avec les réseaux voisins	191
7.4	Une priorité nationale : la remise en état des ponts	193
7.4.1	Un programme ciblé, géré comme un grand projet	194
7.4.2	Les investissements requis	195
7.4.3	Le financement	197
7.4.4	La participation du secteur privé au financement et aux opérations	197

CONCLUSION

BILAN	199
PERSPECTIVES	200

SOMMAIRE

S.1 La Commission, son organisation, ses travaux

Le 3 octobre 2006, le gouvernement du Québec instituait une Commission d'enquête dont le mandat consistait à enquêter sur les circonstances de l'effondrement, le 30 septembre 2006, d'une partie du viaduc du boulevard de la Concorde sur l'autoroute 19 à Laval, à déterminer les causes qui ont entraîné cet effondrement et à faire des recommandations au gouvernement sur les mesures à prendre afin d'éviter que de tels événements ne se reproduisent.

Après avoir constitué ses équipes technique et juridique, la Commission a commencé par assurer la protection et la conservation des éléments de structures nécessaires à l'enquête ainsi que la prise d'échantillons pour les futures expertises. Elle a commandé diverses études scientifiques dont l'objectif était de déterminer les causes de l'événement du 30 septembre 2006. Elle lançait une recherche pour retrouver toute la documentation disponible qui permettrait de reconstituer la vie de l'ouvrage, depuis sa conception jusqu'à son effondrement. Elle a aussi recherché et rencontré les personnes ayant été associées, comme acteurs ou comme témoins, à la conception, à la construction, à l'entretien ou à l'effondrement du viaduc de la Concorde. Elle a tenu des audiences publiques durant lesquelles un total de 58 personnes, témoins et experts, ont été entendues. Enfin, elle a consulté des personnes et des organisations susceptibles de l'éclairer sur divers aspects de la gestion d'un grand réseau de ponts. La Commission a ensuite préparé son rapport.

S.2 Conception et construction du viaduc de la Concorde

Lorsque la décision est prise de construire un ouvrage comme le viaduc de la Concorde, le ministère des Transports du Québec¹ confie à ses propres équipes d'ingénieurs ou, comme ce fut le cas avec le viaduc de la Concorde, à une firme de génie-conseil, le mandat de définir le concept de l'ouvrage et d'en préparer les plans et devis, ainsi que l'ensemble des documents requis pour l'appel d'offres. C'est la firme Desjardins Sauriol & Associés (« DSA ») qui obtient le contrat de l'autoroute 19, y compris le mandat d'ingénierie pour le viaduc de la Concorde.

Le Ministère va ensuite en appel d'offres pour choisir un entrepreneur qui assumera la responsabilité de construire l'ouvrage conformément aux plans et devis. C'est à l'entrepreneur Inter State Paving inc. (« ISP »), plus bas soumissionnaire, qu'on accorde le contrat du prolongement de l'autoroute 19, incluant notamment la construction des ponts d'étagement, dont les viaducs de la Concorde et de Blois.

Bien qu'elle ait déjà construit un viaduc au-dessus de l'autoroute 19 à Montréal, ISP a peu d'expérience en construction de ponts. Elle retient les services de plusieurs sous-traitants, dont Francon pour les poutres précontraintes, Coffrage Dominion pour les coffrages, Acier d'armature de Montréal (« AAM ») pour la fourniture des aciers d'armature et leur pose, et

¹ En 1969, le ministère responsable était le ministère de la Voirie, qui devint plus tard le ministère des Transports du Québec.

Prud'Homme & Frères Itée, pour la fourniture du béton, qui sous-traite la mise en place du béton à Coffrage Dominion. AAM retient lui-même les services d'un poseur d'aciers d'armature.

Le Ministère mandate aussi une firme de génie-conseil pour assurer la surveillance des travaux de construction. Comme la firme qui a préparé les plans et devis obtient généralement aussi ce mandat, c'est donc à DSA que revient la responsabilité contractuelle d'exercer la surveillance. Le rôle du surveillant est d'être présent au chantier en permanence, de suivre le processus de construction quotidiennement, de vérifier que tout est construit conformément aux plans et devis. Il incombe également à ce mandataire d'approuver les factures mensuelles et la facture finale de l'entrepreneur, de recevoir l'ouvrage au terme des travaux et de faire le lien entre l'entrepreneur et le concepteur pour résoudre tout problème susceptible de se présenter sur le chantier. Normalement, au terme des travaux, le surveillant remet au propriétaire (le ministère de la Voirie, dans le cas présent) un dossier comprenant les plans « tel que construit » et la documentation de chantier.

Il est important de noter que l'entrepreneur a une obligation de résultat, pour lui-même et pour ses fournisseurs, c'est-à-dire qu'il doit livrer un ouvrage conforme aux plans et devis indépendamment de la présence ou non du surveillant.

DSA doit aussi faire le contrôle des matériaux. Pour l'assister dans ce volet du mandat de surveillance, elle retient les services de sa filiale, Laboratoires Ville-Marie inc.

S.3 Particularités du viaduc de la Concorde

Pour l'époque, la conception du viaduc de la Concorde est innovatrice, du moins en Amérique du Nord. L'utilisation de poutres-caissons en béton précontraint permet de franchir l'autoroute d'un seul tenant, sans appui intermédiaire. En plaçant les poutres-caissons côte à côte, on obtient une surface uniforme en-dessous de la travée centrale, qui s'appuie sur une chaise qui fait toute la largeur du pont. Ce tablier mince et élégant réduisait la profondeur d'excavation nécessaire à l'implantation de l'autoroute en tranchée.

Les poutres-caissons formant la partie centrale du tablier reposent sur des chaises situées à l'extrémité des porte-à-faux, directement en-dessous des joints de dilatation (figure S.1). L'extrémité des porte-à-faux est une zone particulièrement complexe de transfert de charges. Or, les joints de dilatation sont des pièces très exposées qui perdent souvent leur étanchéité au fil des années de service, ce qui favorise la rétention de l'eau et de sels fondants ainsi que l'accumulation de débris sur la chaise. Cette vulnérabilité est d'autant plus importante qu'il est impossible d'inspecter et d'entretenir les chaises, sauf à leurs extrémités, à moins de soulever le tablier. Cette opération aurait nécessité l'interruption de la circulation aussi bien sur le boulevard de la Concorde que sur l'autoroute 19. Les joints de dilatation et l'extrémité du porte-à-faux constituent donc une zone critique sur ce type d'ouvrage et commandent une attention plus grande au moment des inspections et de l'entretien.

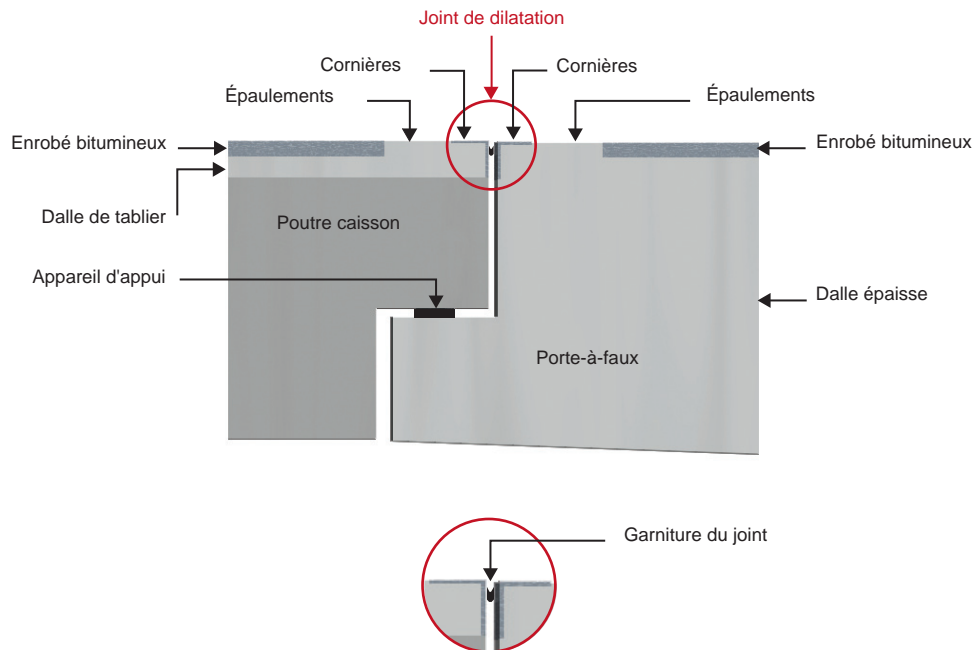


Figure S.1 Schéma illustrant la position du joint de dilatation au-dessus de la chaise

Les deux porte-à-faux sont des dalles épaisses pleines en béton armé. Le béton est un matériau résistant en compression, mais peu résistant en traction. Pour permettre à la structure de résister aux charges qui produisent de la traction, on y incorpore des barres d'armature en acier, un matériau très résistant en traction, qui, une fois le béton durci, formera un nouveau matériau, le béton armé, dont les deux composants agissent en complémentarité. Si la conception de l'armature est déficiente, ou si l'armature est mal installée, il peut s'ensuivre de sérieuses conséquences sur la capacité portante de la structure.

En plus de permettre au béton armé de résister à des charges considérables, l'armature lui confère un caractère ductile. Une structure ductile se déforme avant de céder complètement, alors qu'une structure fragile cède de manière soudaine, sans déformation notable. Une armature mal conçue, ou mal installée, ou insuffisante, rend une structure en béton armé moins résistante et peut aussi la rendre vulnérable aux fractures fragiles. Le béton doit être résistant et capable de transférer les charges supportées par les aciers d'armature.

Le béton est constitué d'un mélange de ciment, d'eau, de sable et de pierre. Dans la majorité des cas, on incorpore volontairement des petites bulles d'air dans le béton lors de sa production en usine, car leur présence contribue à protéger le béton contre les effets des cycles de gel-dégel. La durabilité et la résistance mécanique du béton sont directement influencées par les proportions du mélange et plus particulièrement par le rapport eau/ciment. Si le béton est d'une qualité insuffisante pour le type d'ouvrage où il est utilisé, ou s'il est incapable de résister aux cycles successifs de gel-dégel, sa dégradation peut entraîner des conséquences graves pour l'ouvrage.

Enfin, sur une structure exposée à des cycles de gel-dégel et sur laquelle on épand des sels fondants, comme un pont, la pratique actuelle prévoit la pose d'une membrane imperméabilisante destinée à prévenir l'infiltration des eaux saumurées qui peuvent entraîner la dégradation du

béton. Cette pratique, peu courante au moment de la construction du viaduc de la Concorde, était devenue courante lorsque des travaux majeurs furent effectués sur la structure en 1992.

Il est essentiel que la conception de l'armature soit adéquate et que les aciers d'armature soient installés conformément aux plans. Il est tout aussi essentiel que le béton soit d'une qualité adéquate pour le type d'ouvrage auquel il est destiné. La membrane imperméabilisante joue un rôle de protection très important. Une fois l'ouvrage en service, il faut inspecter avec un soin particulier la zone critique située à la jonction du porte-à-faux et des poutres-caissons et réparer promptement les joints de dilatation, sous peine de laisser les eaux saumurées s'infiltrer et causer la dégradation du béton.

En résumé, le viaduc de la Concorde était une structure particulière et vulnérable. Depuis plus de 30 ans, on ne construit d'ailleurs plus les chaises en travée qui sont impossibles à inspecter et les codes actuels ne le permettraient pas.

S.4 Inspection, entretien et réparation

L'ouvrage complété est pris en charge par le ministère de la Voirie et plus tard, par le ministère des Transports du Québec. Depuis la réorganisation du Ministère en 1993, le viaduc de la Concorde est sous la responsabilité de la Direction territoriale de Laval-Mille-Îles. Cette direction est responsable des inspections et des travaux d'entretien et de réparation qui peuvent être requis. Le viaduc de la Concorde est un ouvrage à « responsabilité partagée », c'est-à-dire que la ville de Laval assure l'entretien des trottoirs, de la chaussée, des garde-corps et de la signalisation.

Les différents types d'inspection sont définis dans les manuels du Ministère. Les inspections permettent de suivre l'évolution de la structure dans le temps et de déceler les problèmes et les défauts qu'elle peut comporter. Chaque inspection doit normalement faire l'objet d'un rapport d'inspection consignant les observations, les mesures, les photographies prises par l'inspecteur ainsi que les défauts et dommages constatés. Ce rapport est ajouté au dossier d'inspection maintenu par la direction territoriale.

Des travaux d'entretien et de réparation sont planifiés en fonction à la fois des prescriptions des manuels et des résultats des inspections. Les manuels fixent des délais d'intervention à respecter, selon le type de défauts ou de problèmes à corriger.

Au besoin, les directions territoriales peuvent faire appel à la Direction des structures, une unité spécialisée du Ministère qui détient une expertise de pointe.

La direction territoriale et la Direction des structures tiennent l'une et l'autre des dossiers pour chaque structure. Les contenus de ces dossiers ne sont pas identiques et varient en fonction des intérêts respectifs soit pour la conception et la construction, soit pour les inspections, soit pour les réparations. Il n'existe donc nulle part un dossier complet pour un ouvrage donné.

S.5 Constats de la Commission

La preuve démontre clairement que la conception du viaduc de la Concorde ne contrevenait à aucune disposition d'importance du Code CSA-S6-1966.

Par ailleurs, le devis était confus quant à la catégorie de béton à utiliser, ce qui a résulté en l'utilisation d'un béton de piètre qualité pour l'ouvrage.

Pour ce qui est de sa construction, elle a été ponctuée d'obligations non remplies et d'installations fautives. Il en est de même de sa gestion, qui a été jalonnée d'inspections et d'interventions marquées par le manque de rigueur tout au long de sa vie utile.

La déresponsabilisation généralisée en regard du contrôle de la qualité des travaux et des matériaux est la faiblesse la plus évidente constatée durant la phase de construction du viaduc. DSA, responsable de la surveillance des travaux, a failli à ses responsabilités à ce chapitre. En dépit de la clarté de leurs obligations légales et contractuelles, l'entrepreneur ISP et ses sous-traitants se sont déchargés entièrement de leur responsabilité sur les exécutants et sur l'ingénieur-conseil quant à la qualité du travail et la conformité aux plans et devis du travail à accomplir et accompli.

De l'ensemble des rapports d'inspection soumis à la Commission et des témoignages entendus à ce sujet, il se dégage que depuis plus de 30 ans, le personnel du Ministère est conscient du caractère particulier du viaduc de la Concorde, construit selon un concept inhabituel et posant des problèmes importants au chapitre de l'inspection.

Pourtant, durant toutes les années où le ministère des Transports du Québec est responsable de l'ouvrage, jamais il ne l'assujettit à un programme d'inspection et d'entretien qui aurait tenu compte des particularités de l'ouvrage, notamment de l'importance des chaises situées à l'extrémité des porte-à-faux. Les retards apportés aux interventions d'entretien en sont une démonstration évidente. La réparation de 1992 constitue une occasion manquée de comprendre et de réparer la structure. Malgré l'évidence d'une très forte dégradation du béton et de la pose inadéquate des aciers d'armature constatée lors de cette réparation, on procède aux travaux de réparation sans réévaluer la condition de la structure et sans poser la membrane d'étanchéité par ailleurs prévue au devis de réparation. Une deuxième occasion d'évaluer la structure en profondeur est aussi manquée en 2004, alors qu'un ingénieur fait expressément part à la Direction des structures de son inquiétude quant à l'état de l'ouvrage.

S.6 Causes de l'effondrement

La Commission est d'avis que l'effondrement du viaduc de la Concorde ne peut être attribué à une seule entité ou à une seule personne. Aucun des défauts ou des manquements identifiés n'aurait pu, seul, causer cet effondrement, qui résulte d'un enchaînement séquentiel de causes. L'événement tragique du 30 septembre 2006 découle, il est important de le souligner, d'un cumul de défaillances : celle de normes applicables à la conception de l'ouvrage qui aujourd'hui seraient considérées inadéquates et celles de défauts et manquements durant la conception,

la construction et la gestion du viaduc de la Concorde tout au long de sa vie utile. C'est avec cette connaissance qu'il faut comprendre et interpréter les reproches et les blâmes contenus dans ce rapport.

L'effondrement du viaduc de la Concorde est le résultat d'un enchaînement de causes physiques que les expertises réalisées dans le cadre de l'enquête ont permis de cerner avec un niveau élevé de certitude. Les causes physiques principales de l'effondrement ont fait l'objet d'un consensus entre les experts des participants et ceux de la Commission. Les experts ont toutefois émis des opinions divergentes sur des causes secondaires contributives. Néanmoins, la Commission est d'avis que certaines de ces causes secondaires sont significatives, tout comme le sont les interventions humaines ayant permis l'émergence des circonstances physiques de l'effondrement.

Le fait que les causes physiques n'aient pas été détectées et corrigées avant le 30 septembre 2006 a donné lieu à une double question : était-il possible de prévoir l'effondrement ou, tout au moins, l'existence d'une déficience structurale majeure ? Était-il possible d'éviter l'effondrement ? Quant à eux, les experts du MTQ ont répondu par la négative. La Commission, quant à elle, a plutôt cherché à répondre à une autre question : comment en est-on arrivé là ?

Bien que l'effondrement du viaduc de la Concorde se soit produit instantanément, cette tragédie représente l'aboutissement d'un mécanisme de dégradation évolutif qui s'est étalé sur un grand nombre d'années, mettant en jeu l'interaction de causes organisationnelles et humaines. Font partie de ces causes le non-respect d'obligations et de procédures, un dossier incomplet, la difficulté du travail en équipe, les occasions manquées de procéder à une évaluation de la structure, et l'absence généralisée d'une approche qui aurait tenu compte du caractère particulier qu'on connaissait pourtant à ce viaduc. Le 30 septembre 2006, le viaduc de la Concorde s'est effondré pratiquement sous son propre poids. Il fallait qu'il ait atteint un état de dégradation avancé.

S.6.1 Causes principales

Les experts sont convenus que l'effondrement du viaduc est survenu par une rupture en cisaillement du porte-à-faux sud-est.

La dégradation du béton, et non celle des aciers d'armature, est en cause dans l'effondrement.

L'effondrement résulte du développement et de la progression d'une fissuration dans une zone de faiblesse située sous les barres d'armature supérieures à partir de la région de la chaise. Au fil des ans, l'action des cycles de gel-dégel en présence de sels fondants a provoqué la dégradation du béton dans cette zone. Cette dégradation a favorisé la progression d'un plan de fissuration vers l'intérieur de la dalle épaisse.

L'origine exacte de la fissuration n'a pas été déterminée avec certitude. Cependant, les causes physiques principales de l'effondrement font l'objet d'un consensus des experts, qui s'entendent sur les points suivants.

- **Mauvais détail des aciers d'armature au moment de la conception**

Dans la structure telle qu'elle a été conçue, la présence d'un grand nombre de barres d'armature concentrées sur un même plan dans le haut de la culée a créé un plan de faiblesse au niveau duquel une fissuration horizontale était susceptible de se produire. Les barres principales n° 14 n'étaient pas ancrées à leur extrémité. Le détail de l'acier d'armature exigerait aujourd'hui que les suspentes en U n° 8 et les barres diagonales n° 6 soient accrochées aux barres n° 14.

- **Mauvaise disposition des aciers d'armature au moment de la construction**

La disposition incorrecte des suspentes en U n° 8 et des barres diagonales n° 6 dans la région de la chaise a transformé ce qui était un plan potentiel de faiblesse horizontal résultant de la forte concentration des aciers, en une zone de faiblesse beaucoup plus importante, se prolongeant vers le bas de la culée, plus profondément à l'intérieur de la dalle épaisse.

- **Qualité insuffisante du béton utilisé pour les culées**

L'expertise a démontré que le béton des culées n'avait pas les caractéristiques requises pour résister aux cycles de gel-dégel en présence de sels fondants : le béton était en effet trop poreux et son réseau de bulles d'air était déficient.

Pour ce qui est de l'origine exacte des fissures, les experts mentionnent plusieurs causes possibles:

- Les contraintes d'adhérence élevées des barres n° 14 dans la région de la chaise ;
- La présence d'une zone de faiblesse au haut des suspentes en U ;
- La dégradation du béton par les cycles successifs de gel-dégel en présence de sels fondants ;
- Le retrait du béton au niveau des barres longitudinales ;
- Les sollicitations thermiques résultant de l'hydratation du béton, de la radiation solaire ou consécutives à la pose de l'enrobé bitumineux ;
- Les passages répétés et l'impact des véhicules sur le joint de dilatation.

S.6.2 Causes physiques contributives

La Commission est d'avis que certaines causes secondaires ont contribué de manière significative à l'effondrement.

Absence d'armature en cisaillement dans la dalle épaisse

La dalle épaisse du viaduc de la Concorde aurait été pourvue d'armatures en cisaillement si les calculs avaient tenu compte des exigences actuelles du Code. Selon les experts, cette armature de cisaillement aurait intercepté la zone de faiblesse et contrôlé la fissuration interne. L'effondrement aurait alors pu être empêché, ou au pire, se serait produit selon un mode graduel de rupture, accompagné de déformations notables.

Absence d'étanchéité à la surface de la dalle épaisse

L'absence d'une protection adéquate de la dalle épaisse qui devait être mise en place lors des réparations de 1992 a favorisé la poursuite de la dégradation du béton. Cette dégradation fut l'un des facteurs principaux ayant conduit à l'effondrement. En 2006, la dalle épaisse du porte-à-faux était extrêmement détériorée par endroits. Les cycles successifs de gel-dégel ne causent pas de dégradation du béton si celui-ci n'est pas saturé d'eau. La nécessité de protéger les surfaces de béton sous les voies de circulation est reconnue depuis fort longtemps. Des membranes hautement performantes sont décrites dans les spécifications générales du MTQ depuis 1978.

Dommages causés lors des travaux de 1992

Les experts, à l'exception de ceux du MTQ, sont d'avis que les travaux de 1992 ont à tout le moins contribué à propager plus profondément dans la masse du porte-à-faux la fissure critique déjà présente. L'étendue des dommages constatés pendant les travaux et l'enlèvement plus important que prévu de béton, ce qui a dénudé les suspentes en U et les barres principales n° 14 sur des longueurs considérables, auraient dû entraîner une évaluation de la condition de la structure et mener à l'étalement des culées. La Commission est du même avis.

S.6.3 Conclusions quant aux comportements des personnes et aux activités des entreprises et organisations

La Commission blâme DSA, son surveillant de chantier l'ingénieur Marcel Dubois et ses dirigeants responsables du chantier pour avoir manqué à leurs obligations contractuelles d'assurer une surveillance complète du viaduc lors de la construction et ainsi de ne pas avoir prévenu la mise en place fautive des armatures, résultant en un ouvrage non conforme aux plans et devis.

La Commission blâme l'entrepreneur ISP et ses dirigeants responsables du chantier ; elle blâme aussi son principal sous-traitant AAM et son président, M. Claude Robert, pour n'avoir pas contrôlé adéquatement la qualité du travail exécuté en s'en remettant à la fois à l'exécutant lui-même et à l'ingénieur-conseil responsable de la surveillance. La déficience du contrôle de qualité était telle qu'elle a occasionné une installation des aciers d'armature manifestement fautive, ce qui a constitué l'une des principales causes physiques de l'effondrement.

La Commission est d'avis que les vulnérabilités connues du viaduc de la Concorde, une structure particulière et difficile à inspecter, n'ont pas été prises en compte adéquatement dans les interventions du MTQ. Celui-ci n'a pas déployé rigoureusement et efficacement les moyens à sa disposition pour bien évaluer l'état de la structure en dépit des nombreux signes de dégradation qu'elle présentait. Il n'a pas non plus maintenu un dossier adéquat qui aurait pu mieux guider son personnel dans les fonctions d'inspections et d'entretien de la structure.

La Commission est d'avis que des inspections pratiquées sur l'ouvrage ont été parfois déficientes par leur absence de quantifications adéquates des paramètres de dégradation, parfois incomplètes par le peu de temps mis à leur réalisation, ou encore caractérisées par un manque de rigueur dans la recherche des causes de la dégradation constatée sur la structure.

De manière plus spécifique, la Commission note que le Ministère a manqué au moins deux occasions d'inspecter la structure en profondeur, soit lors des réparations effectuées en 1992 et lors de la demande d'assistance technique logée à la Direction des structures par l'ingénieur de la direction territoriale responsable de l'ouvrage. Toutefois, compte tenu des faiblesses systémiques constatées, la Commission, tout en reprochant à l'ingénieur Tiona Sanogo sa gestion des travaux de réparation en 1992 et en déplorant l'insuffisance de l'inspection menée par l'ingénieur Christian Mercier en 2004, blâme surtout le ministère des Transports du Québec pour avoir toléré l'ambiguïté quant à l'imputabilité, pour avoir manqué de rigueur dans la tenue des dossiers, et pour n'avoir jamais su traduire la connaissance qu'il avait du caractère particulier du viaduc de la Concorde en un programme adéquat d'inspection et d'entretien.

S.7 Recommandations²

La Commission formule un ensemble de recommandations qui s'inspirent à la fois de la preuve et de consultations qu'elle a menées auprès de divers organismes et personnes s'intéressant aux infrastructures.

Ces recommandations touchent la mise à niveau des codes, des normes et des manuels, l'encadrement juridique de la conception et de la construction des ouvrages d'art, incluant la surveillance ; elles touchent également la gestion du MTQ et proposent un programme de remise en état des ponts du Québec.

Dans une perspective qui englobe tous les acteurs participant à la conception, la construction – y compris la surveillance – et la gestion des ouvrages d'art, et considérant que des efforts massifs doivent être consentis pour leur remise en état, la Commission a balisé l'ensemble de ses recommandations en tenant compte des grands principes suivants : l'utilisation efficace des fonds publics, le recours à la meilleure expertise disponible et, puisqu'ils ont tous un rôle qui peut affecter la sécurité du public, la responsabilisation des concepteurs et des entrepreneurs quant à la qualité de leur travail et celle des gestionnaires de réseau quant à la rigueur de leurs interventions.

S.7.1 Codes, normes et manuels

Les travaux réalisés par les experts de la Commission permettent de conclure que même dans la version du Code CSA-S6-2006, les exigences relatives à l'armature en cisaillement dans les dalles pleines épaisses sont insuffisantes.

Recommandations de la Commission

1. Révision du Code CSA-S6-2006

La Commission recommande une révision du Code CSA-S6-2006 pour que soient requises, dans les dalles pleines épaisses, des armatures minimales de résistance au cisaillement.

² Cette section résume le contenu du chapitre 7 du rapport.

2. Exigences relatives à la qualité du béton

La Commission recommande que pour tous les ouvrages d'art, le gouvernement prescrive l'obligation de n'utiliser que des bétons de haute qualité, dont les caractéristiques sont conformes aux exigences tenues à jour des Codes CSA-S6-2006 et CSA-A23.1-2004 et que tous les manuels pertinents du MTQ soient modifiés en conséquence.

3. Processus d'acquisition des connaissances

La Commission recommande que les responsables du MTQ chargés de la conception des ponts et de la mise à jour des codes et des manuels prennent toutes les dispositions appropriées permettant d'accélérer le processus d'acquisition des connaissances nouvelles issues du milieu de la recherche.

À cette fin, la Commission recommande au gouvernement de s'assurer du bon fonctionnement de la veille scientifique associant universitaires et praticiens de haut niveau afin que les responsables de la conception et de l'entretien des ouvrages d'art, aussi bien en milieu de pratique privée qu'au sein des services gouvernementaux, soient constamment informés de l'évolution des connaissances et des éventuelles modifications aux normes et aux pratiques.

4. Mise à jour des manuels du MTQ

La Commission recommande une mise à jour des manuels d'inspection et d'évaluation traitant de la capacité portante des structures, et ce, en accordant une attention particulière aux délais d'intervention, aux relevés de fissures et à leur interprétation, à l'analyse de l'état des ouvrages et aux exigences du chapitre 14 du Code CSA-S6-2006.

S.7.2 Conception, construction et surveillance des ouvrages

Les ponts sont des ouvrages d'art beaucoup plus complexes qu'une autoroute et que la plupart des autres types d'ouvrage de génie civil. Leur conception requiert un degré élevé de connaissances spécialisées et d'expertise en génie, leur construction demande un soin particulier et une excellente maîtrise des techniques et des matériaux, ainsi qu'un encadrement et une surveillance sans faille. L'encadrement juridique doit tenir compte de cette réalité.

Recommandations de la Commission

La Commission recommande au gouvernement de revoir l'encadrement juridique relatif à la conception, à la construction et à la surveillance des travaux de construction et de réhabilitation majeure des ouvrages d'art en regard des dimensions suivantes :

5. Politique d'octroi de mandats de génie-conseil basée sur la compétence

La Commission recommande au gouvernement d'élaborer, en suivant un processus transparent, une politique d'octroi des mandats de génie-conseil pour la conception des ouvrages d'art et la surveillance des travaux de construction. Cette politique devra prévoir, outre la prise en compte de la compétence des firmes et des personnes affectées aux projets, l'évaluation des performances antérieures des firmes ayant obtenu, par le passé, des contrats de même nature. Le critère du coût interviendrait ensuite pour départager les firmes se qualifiant au chapitre de la compétence.

6. Politique de validation du concept

La Commission recommande que tout mandat de conception d'ouvrage d'art devrait prévoir spécifiquement une validation (vérification du concept, des plans et des calculs du concepteur). Dans le cas d'une firme de génie-conseil, le contrat devrait stipuler que cette validation doit faire l'objet d'une attestation signée par un ingénieur, dirigeant de la société. Dans le cas d'une réalisation par les ingénieurs du Ministère, la procédure ministérielle devrait requérir la signature d'un supérieur hiérarchique de qui relèvent les ingénieurs qui soit lui-même un ingénieur. Dans un cas comme dans l'autre, le signataire devrait avoir supervisé les travaux faisant l'objet du mandat. Comme option alternative, il pourrait être prévu que cette validation et cette attestation signée soient produites par une firme indépendante.

7. Préqualification et sélection des entrepreneurs

La Commission recommande que des critères de sélection s'appliquent aux entrepreneurs et que ceux-ci tiennent compte de leurs qualifications relativement au type d'ouvrage à construire. Le critère du coût interviendrait ensuite pour départager les entrepreneurs qualifiés.

Pour ce faire, la Commission recommande au gouvernement de mettre en œuvre, tout au moins pour les ouvrages d'art, un système transparent de préqualification tenant compte de l'expérience, de l'expertise, de l'évaluation des performances antérieures, de l'existence au sein de l'entreprise de systèmes de contrôle de qualité rigoureux et de la compétence du personnel proposé pour l'exécution du contrat.

8. Information relative aux mouvements de personnel clé

La Commission recommande que le responsable de la préqualification des ingénieurs-conseils et des entrepreneurs s'assure, au moment de l'attribution d'un contrat, que la firme retenue compte toujours à son emploi des ressources détenant l'expertise lui permettant de maintenir sa qualification et qu'il en sera ainsi pour toute la durée des travaux.

9. Contrôle de la sous-traitance

La Commission recommande que soient appliquées avec davantage de rigueur, pour les projets relatifs aux ouvrages d'art, les dispositions relatives à la sous-traitance. Dans leurs soumissions, les entrepreneurs généraux devraient toujours être tenus d'identifier les travaux exécutés par leurs propres équipes. Ils devraient également identifier leurs sous-traitants et les travaux qui leur seront confiés, et produire un plan de contrôle de la qualité des travaux s'appliquant aussi bien à leurs propres employés qu'à ceux des sous-traitants.

10. Processus d'inspection lors de la remise de l'ouvrage

La Commission recommande que pour tous les ouvrages d'art construits au Québec, le surveillant des travaux ait l'obligation, au moment de la remise de l'ouvrage, d'assembler toute la documentation afférente aux travaux et à l'ouvrage lui-même, ceci incluant, de manière non limitative, les plans « tel que construit », les devis, les bordereaux, les journaux de chantier, les rapports de laboratoires de contrôle des matériaux et une description de toutes les particularités susceptibles d'exiger un ajustement des programmes d'inspection et d'entretien.

La Commission recommande que soit créée parallèlement, pour le maître de l'ouvrage, l'obligation de conserver cette documentation durant toute la vie de l'ouvrage.

La Commission recommande aussi qu'un ingénieur certifie que l'ouvrage d'art a été construit conformément aux plans et devis.

11. Évaluation de performance

La Commission recommande que tous les maîtres d'ouvrages évaluent, à la fin des travaux, la performance des firmes de génie-conseil chargées des travaux de conception et de surveillance, qu'ils fassent de même à l'égard des entrepreneurs et que ces évaluations soient conservées au dossier.

S.7.3 Gestion au MTQ

Le MTQ a préparé à l'intention de la Commission un rapport exhaustif décrivant son organisation, ses méthodes et sa gestion. La Commission en a pris connaissance et constate, par les témoignages entendus et la preuve faite devant elle, que l'idéal d'excellence et d'efficacité qui y est décrit ne se traduit pas intégralement dans la réalité.

Dans le cadre de son enquête sur le viaduc de la Concorde, la Commission a noté une réticence des professionnels du Ministère à adopter des comportements de travail en groupe hiérarchisé, chaque professionnel étant plus ou moins laissé à lui-même, à la fois libre de ses décisions et isolé dans l'exercice de sa responsabilité. Cette réticence se manifeste aussi bien dans les situations mettant les ingénieurs en présence les uns des autres que dans celles où une direction territoriale fait appel à la Direction des structures. Il en résulte une confusion dans l'imputabilité qui nuit à l'efficacité générale du Ministère.

La Commission note que les manuels du MTQ sont de bonne facture, mais que les procédures qui y sont prévues ne sont pas toutes respectées. Il résulte de la mauvaise tenue des dossiers une absence de clarté dans la documentation consignée et dans la capacité, après quelques années, à apprécier l'évolution de l'ouvrage.

La Commission a aussi constaté une propension systématique du Ministère à ne pas se poser de questions fondamentales quant aux raisons de la détérioration du viaduc de la Concorde, quant à la recherche des éléments manquants au dossier de l'ouvrage, et quant aux occasions à saisir pour effectuer une évaluation en profondeur de sa condition.

Recommandations de la Commission

12. Culture interne et habitudes de travail

La Commission est d'avis que le Ministère doit prendre acte des lacunes mises en évidence dans le cadre de ses travaux, notamment en ce qui a trait à la mauvaise tenue des dossiers, au flou dans l'imputabilité et à l'apparente difficulté pour les ingénieurs à faire prévaloir leur jugement professionnel. Le Ministère doit mettre en place un plan d'action pour les corriger.

13. Constitution et maintien de dossiers complets

La Commission recommande l'adoption d'un programme accéléré de mise en réseau de l'ensemble des dossiers comprenant des données pertinentes à la conduite des activités d'inspection et de réparation des structures. La Commission adresse également cette recommandation aux municipalités de plus de 100 000 habitants.

14. Relations entre les directions territoriales et la Direction des structures

La Commission recommande que le Ministère précise les responsabilités, les fonctions et les rôles respectifs des directions territoriales et de la Direction des structures et que les professionnels et autres personnels concernés en soient informés. Sans recommander la centralisation de l'inspection et de l'entretien des ouvrages d'art à la Direction des structures, la Commission recommande que même si la DS n'assume ni la responsabilité de la gestion administrative ni la gérance directe des travaux, elle soit conjointement imputable avec les directions territoriales des solutions apportées aux problèmes lorsque son expertise est mise à contribution.

15. Ajout d'objectifs spécifiques aux manuels d'inspection des structures

La Commission recommande au MTQ d'intégrer aux manuels d'inspection des structures certains objectifs n'y figurant pas actuellement, bien qu'ils apparaissent dans les guides utilisés par diverses autres juridictions nord-américaines :

- l'obligation de poser un diagnostic lorsqu'un dommage est constaté ;
- l'obligation de diagnostiquer non seulement les problèmes de nature structurale mais également ceux des matériaux ;
- la nécessité d'adapter le système d'inspection à divers types de structures et dans diverses conditions.

S.7.4 Ponts municipaux

La Commission constate l'incongruité du système de gestion des ponts du réseau routier municipal (RRMUN). En effet, ces ponts appartiennent aux municipalités de moins de 100 000 habitants qui n'ont pas et n'auront jamais les ressources nécessaires pour gérer pareilles structures. Même si ces ponts ne lui appartiennent pas, le MTQ en assure l'inspection, détermine l'ordre de priorité dans lequel ils seront réparés et il subventionne les travaux.

Concernant les neuf municipalités de 100 000 habitants et plus qui gèrent elles-mêmes les ponts situés sur leur territoire, elles sont présumées avoir les ressources qui leur permettent d'assumer leur responsabilité. Le MTQ met à leur disposition une assistance technique quant à la formation des inspecteurs, aux manuels d'inspection et aux devis des travaux. La Commission n'a pas étudié leur situation et ne formule aucune recommandation à leur égard, si ce n'est celle de maintenir des dossiers complets sur les ouvrages dont elles ont la charge.

Recommandation de la Commission

16. Clarification de l'imputabilité quant au RRMUN

La Commission est d'avis que le cadre de gestion des ponts du RRMUN doit être revu pour mieux refléter la réalité. D'une part, le MTQ évalue les ponts, détermine l'ordre de priorité des travaux de réfection, subventionne les travaux, alors que, d'autre part, les petites municipalités n'ont pas et n'auront jamais les ressources nécessaires pour gérer des structures de cette importance.

Le MTQ devrait reprendre la propriété de l'ensemble des ponts du RRMUN ou, tout au moins, assumer entièrement la responsabilité de leur inspection, de leur entretien et, éventuellement, de leur remplacement. La Commission est aussi d'avis que les municipalités devraient demeurer responsables de l'éclairage et de la signalisation, de l'entretien des trottoirs et du déneigement des infrastructures se trouvant sur leur territoire.

S.7.5 Remise en état des ponts du Québec

La nécessité d'un vaste programme de remise en état des ponts est apparue graduellement au fil des travaux de la Commission, jusqu'à s'imposer comme une évidence incontournable. Le nombre de structures déficientes continue d'augmenter dans les deux réseaux depuis une quinzaine d'années.

L'Ontario, dont environ 68 % des ponts sont en bon état, veut augmenter ce pourcentage à 85 % d'ici 2021. Aux États-Unis, où 75 % des ponts sont en bon état, l'effort d'amélioration entrepris au milieu des années 1990 se poursuit.

La Commission recommande l'adoption d'un programme s'étendant sur au moins dix ans, au terme duquel la proportion des ponts en bon état, tel que mesuré par l'indice d'état, passerait de leurs seuils, en 2005, de 53,6 % (pour les ponts du RRS) et de 51,0 % (pour les ponts du RRMUN) à 80 % pour les deux réseaux au terme du programme.

Sur la base de données préliminaires, la Commission est en mesure de conclure que le Québec doit envisager un effort budgétaire qui permettra de réaliser des travaux au minimum de l'ordre du demi-milliard de dollars par année durant une décennie pour relever les indices d'état des ponts du RRS et du RRMUN à un niveau acceptable.

Sans se prononcer sur quelque modalité organisationnelle que ce soit, la Commission est d'avis que les conditions de succès suivantes doivent être réunies :

- Quelle que soit l'orientation retenue par le gouvernement (gestion par le ministère des Transports, par un organisme à créer – telle une société parapublique ou une agence – avec ou sans participation du secteur privé, y compris sous le modèle des partenariats public-privé), l'ampleur de ce programme commande qu'il soit géré comme un grand projet, en faisant appel aux meilleures pratiques connues en matière de gouvernance et de gestion de projets, plutôt que d'être soumis aux contraintes usuelles de la gestion courante des programmes gouvernementaux.
- Pareil projet demande une équipe entièrement vouée à ce programme, qui s'y consacrera à long terme et qui n'aura d'autre priorité que celle-là. La mise sur pied d'un grand projet attirera des ressources humaines de qualité et favorisera la stabilité, donc le développement d'une main-d'œuvre et la constitution d'équipes hautement compétentes.
- La Commission recommande que ce grand projet fasse appel systématiquement au regard extérieur d'experts indépendants pour conseiller et recommander des améliorations.

Si le gouvernement accepte cette orientation, il lui reviendra d'évaluer plus précisément les besoins d'investissements requis pour la remise en état des ponts. Relativement à l'engagement financier, il est essentiel, pour la bonne marche du programme de remise en état des ponts et viaducs, que les conditions suivantes soient respectées :

- Consentir un engagement clair et ferme, sur une période d'au moins dix ans, au maintien de budgets constants et prévisibles consacrés à la remise en état des ponts et viaducs.
- Distinguer clairement entre, d'une part, les budgets consacrés à la remise en état, qui doivent être de l'ordre du demi-milliard de dollars par année et protégés et, d'autre part, les budgets consacrés aux projets de nouveaux équipements ou aux projets de très grande envergure, tels les travaux majeurs sur les traversées du Saint-Laurent ou la reconstruction de l'échangeur Turcot à Montréal.
- Assurer une gestion du programme basée sur des priorités établies à long terme clairement et publiquement – la première étant la sécurité de la population – par l'autorité responsable du programme, et sur une planification pluriannuelle prévisible des travaux.

Une telle approche de prévisibilité et de stabilité sur une longue période permettra aussi un développement sur des bases durables des industries du génie-conseil et de la construction, tout comme la planification des ressources humaines nécessaires à la réalisation du programme.

La Commission suggère aussi d'explorer les possibilités offertes par divers modes de financement susceptibles de procurer des revenus stables, d'être facilement identifiables par le contribuable

et d'établir une relation « utilisateur-payeur ». Elle suggère aussi d'envisager la contribution possible du secteur privé à la réalisation d'opérations d'envergure dans la sécurisation à long terme du parc des infrastructures, tout en soulignant que cette contribution devrait être assortie de précisions contractuelles quant à l'atteinte d'objectifs de performance et à la remise ultime de l'ouvrage en très bonne condition, sous peine de sanctions financières clairement définies.

Recommandation de la Commission

17. La Commission recommande au gouvernement de faire de la remise en état des ponts une priorité nationale à partir des principes suivants :

- Adopter le principe d'un programme de mise à niveau du parc de ponts et viaducs du Québec du réseau RRS et du réseau RRMUN dont l'objectif sera d'élever l'indice d'état des ponts du Québec à un niveau comparable à celui des provinces et états voisins.
- Faire de ce programme un Grand Projet et en assurer une gestion conforme aux meilleures pratiques de gouvernance et de gestion de grands projets, quel que soit les modes d'organisation et de financement retenus, avec ou sans la participation du secteur privé.
- Consacrer à ce programme un budget protégé qui reste à préciser mais qui soit d'au moins un demi-milliard de dollars par année, pour une période de dix ans, dédié exclusivement à la remise en état des structures (réhabilitation ou reconstruction des ouvrages existants).
- Assurer une gestion du programme basée sur des priorités à long terme, la première étant la sécurité de la population, qui soient clairement et publiquement établies par l'autorité responsable, le tout selon une planification pluriannuelle prévisible des travaux.
- Identifier des sources de financement du programme qui procureront des revenus stables et prévisibles et qui devraient être facilement identifiables par les contribuables, en établissant le principe de l'« utilisateur-payeur ».
- Faire appel systématiquement à des experts indépendants dont le rôle sera de recommander des mesures pour mieux baliser les activités de gestion et améliorer le contrôle de la qualité.
- S'il choisit d'associer le secteur privé au projet, que ce soit au niveau de son financement ou de sa gestion, il devra rendre cette participation conditionnelle à l'atteinte d'objectifs de performance précis et à la remise ultime de l'ouvrage en très bonne condition, sous peine de sanctions financières clairement définies.

S.7.6 Perspectives

Les infrastructures actuelles du Québec ont été construites pour l'essentiel durant les 30 années de l'après-guerre. Au Québec, comme sur l'ensemble du continent, se pose le défi de leur remise en état, voire de leur reconstruction dans certains cas. Pareil chantier s'étalera sur une longue période et dans l'intervalle, la gestion devra aussi tenir compte du vieillissement des structures.

La sécurité des personnes est en cause ici, mais aussi la capacité du Québec de maintenir des infrastructures de premier ordre, au soutien de la qualité de vie de la population et des besoins de l'activité économique.

La gestion d'un parc de structures vieillissantes pose des défis particuliers aux administrations qui en ont la charge, surtout dans un contexte de ressources budgétaires limitées. La tragédie du viaduc de la Concorde nous rappelle l'importance d'une rigueur sans faille dans l'ensemble des processus de conception, de construction et de surveillance des ouvrages. Elle nous rappelle l'importance que des normes, des manuels et des programmes rigoureusement mis en œuvre encadrent le travail des personnes responsables des inspections et de l'entretien. Il faut savoir encourager ces personnes à demeurer alertes et curieuses devant les problèmes rencontrés sur les ouvrages placées sous leur responsabilité.

CHAPITRE 1

1. LA COMMISSION, SON MANDAT, SES RÈGLES DE FONCTIONNEMENT ET SES TRAVAUX

1

1.1 Mandat et composition de la Commission

Le 30 septembre 2006, une partie du viaduc¹ du boulevard de la Concorde surplombant l'autoroute 19 à Laval s'est effondrée, entraînant la mort de cinq personnes et causant des blessures à six autres. Le 3 octobre 2006, le gouvernement du Québec prenait le décret 875-2006 constituant la Commission d'enquête sur l'effondrement d'une partie du viaduc du boulevard de la Concorde à Laval (la « Commission »).

La Commission est constituée conformément à l'article 1 de la *Loi sur les commissions d'enquête*². Son mandat est le suivant :

- Enquêter sur les circonstances de l'effondrement, le 30 septembre 2006, d'une partie du viaduc du boulevard de la Concorde sur l'autoroute 19 à Laval.
- Déterminer les causes qui ont entraîné cet effondrement.
- Faire des recommandations au gouvernement sur les mesures à prendre afin d'éviter que de tels événements ne se reproduisent³.

M^e Pierre Marc Johnson, ancien premier ministre du Québec, médecin, avocat-conseil au cabinet Heenan Blaikie, à Montréal, a été nommé commissaire et président de la Commission. Monsieur Armand Couture, ingénieur, président de la Société Bédelmar Ltée, et monsieur Roger Nicolet, ingénieur, président de Nicolet Chartrand Knoll Ltée, ont été nommés commissaires⁴.

Le décret original constituant la Commission stipulait qu'un rapport devrait être remis au gouvernement au plus tard le 31 mars 2007. Cependant, dès la première semaine de février 2007, le mandat de la Commission était prolongé jusqu'au 15 octobre suivant pour des raisons reliées à l'exécution et à la rédaction de rapports d'expertise commandés par la Commission⁵.

Avant la fin d'octobre 2006, la Commission avait structuré ses équipes chargées des aspects administratif, technique et juridique de son enquête. Aux rênes de chacune de ces équipes se trouvaient respectivement monsieur Julien Lemieux, administrateur d'expérience au gouvernement et dans différentes commissions d'enquête⁶, M^e Michel Lemoine, ingénieur

¹ Il ne s'agit pas à proprement parler d'un viaduc. Pour désigner l'ouvrage permettant de passer au-dessus d'une autre route, l'Office québécois de la langue française recommande l'emploi des termes *passage supérieur*, *saut-de-mouton* ou encore *pont d'étagement*. C'est donc ce que désigne le terme *viaduc* qui apparaît dans l'appellation de la Commission, dans le présent rapport et les autres documents. Pour plus de détails, voir le chapitre 2.

² L.R.Q., chapitre C-37 (Annexe 1).

³ Décret 875-2006 (Annexe 1).

⁴ Voir les résumés des curriculum vitæ des commissaires (Annexe 16).

⁵ Décret 79-2007 (Annexe 1).

⁶ Décret 916-2006 (Annexe 1).

et avocat, et M^e Michel Décary, avocat à la feuille de route exceptionnelle en matière de commissions d'enquête.

Cette structure embryonnaire a permis de lancer très rapidement les travaux de la Commission. Par la suite, se sont ajoutés à l'équipe initiale un coordonnateur des expertises, monsieur Paul Croteau, ingénieur et Ph.D. en génie des structures de l'Université de Californie à Berkeley, une procureure adjointe, M^e Marie Cossette, qui venait de participer à la Commission Gomery et une secrétaire de la Commission, M^e Nicole Trudeau, forte de plusieurs expériences dans des commissions comme celle-ci⁷. L'organisation complète de la Commission est présentée à l'annexe 16.

1.2 Programme de conservation de la preuve

Le déblayage du site a débuté dans les heures suivant l'effondrement, sous la supervision de la Sûreté du Québec (la « SQ »), alors gardienne des lieux. Le président demanda aux autorités gouvernementales de voir à ce qu'aucune documentation ne soit détruite et que toute opération de démantèlement de la travée nord du viaduc de la Concorde ou des culées est et ouest soit suspendue. Cette requête avait pour but de permettre aux commissaires de visiter les lieux et de décider de la suite des opérations compte tenu du mandat de la Commission. Plus tard, il en fut décidé de même pour le viaduc de Blois.

La Commission entreprit une série de rencontres avec la SQ et avec le ministère des Transports du Québec (le « MTQ »). Ces rencontres avaient pour but de déterminer comment conserver les éléments de preuve et les examiner, de définir les opérations photographiques auxquelles il faudrait les soumettre et de s'assurer de l'accessibilité des pièces transportées et entreposées au site Belgrand dans l'est de Ville de Laval. Les échanges avec le MTQ ont aussi porté sur la liste des ouvrages présentant certaines similarités avec le viaduc de la Concorde que le Ministère s'affairait déjà à constituer dans le but d'adopter un plan d'action destiné à repérer les ouvrages potentiellement vulnérables.

Les commissaires se sont rendus sur le site de l'effondrement le 5 octobre. Ils ont ensuite élaboré un programme de conservation de la preuve visant la protection de tous les éléments jugés nécessaires à la bonne conduite des travaux de la Commission, particulièrement ceux devant être confiés à des experts⁸.

Seule ou conjointement avec la SQ, la Commission a mis en œuvre les mesures suivantes :

- Arpentage complet des viaducs de la Concorde et de Blois ;
- Relevés radar de différentes culées de ces deux ouvrages ;
- Prises de carottes dans les viaducs de la Concorde et de Blois ;
- Examen de l'intérieur des trous de carottage ;
- Ouverture de fenêtres d'observation dans les viaducs de la Concorde et de Blois ;

⁷ Décret 1008-2006 (Annexe 1).

⁸ Annexe 2.

- Prélèvement de deux blocs de béton, l'un dans la culée sud-est et l'autre dans la culée nord-est du viaduc de la Concorde.

Le rapport et les annexes des experts de la Commission, MM. Jacques Marchand et Denis Mitchell, présentent une description plus complète des mesures de conservation⁹.

Les constats matériels ainsi que les analyses subséquentes découlant du programme de mesures conservatoires ont permis aux experts d'énoncer des hypothèses sur les causes possibles de l'effondrement du viaduc de la Concorde. Ces constats et résultats sont exposés au chapitre 5 du rapport.

Le 20 octobre, la Commission a jugé que le programme de conservation de la preuve était parachevé à sa satisfaction. Elle en a informé la SQ, toujours gardienne du site de l'effondrement, qui en a remis immédiatement la responsabilité au MTQ. Le 21 octobre au matin, le MTQ entreprenait les travaux de démantèlement des viaducs de la Concorde et de Blois, en vue de la réouverture de l'autoroute 19, le 26 octobre suivant.

1.3 Plan de travail de la Commission

Parallèlement à l'élaboration du programme de conservation de la preuve, les commissaires ont établi un plan de travail pour le déroulement de l'enquête et des audiences publiques et, ultimement, pour la rédaction du rapport.

À cette fin, ils ont identifié trois grands axes de recherche. Les deux premiers se rapportent directement à l'effondrement de l'ouvrage. Le premier axe porte sur la documentation pertinente concernant la conception, les travaux de construction et leur surveillance et l'entretien du viaduc de la Concorde, tandis que le second se rapporte aux causes physiques de son effondrement. Quant au troisième, plus général, il s'inscrit dans le contexte des recommandations sollicitées par le gouvernement et il a conduit les commissaires à étudier divers sujets touchant la conception, la construction et la gestion des structures, tant au Québec qu'ailleurs.

1.3.1 Recherche et identification de documents et sources documentaires

La Commission a rapidement élaboré une liste préliminaire de documents pertinents à son enquête. Cette liste fut remise aux représentants du MTQ qui se sont efforcés de trouver ces documents tant à l'intérieur du Ministère qu'aux Archives nationales du Québec. Des recherches ont également été effectuées auprès d'autres ministères ou organismes du gouvernement ainsi que dans le secteur privé.

Pour des raisons liées notamment aux politiques d'archivage en vigueur à l'époque de la construction du viaduc de la Concorde, dont il sera question au chapitre 4, le MTQ n'a jamais retrouvé bon nombre des documents recherchés par la Commission. Parmi ceux-ci, mentionnons les bordereaux d'armature, les notes concernant la livraison, l'échantillonnage et l'analyse du béton, le journal de chantier, la très grande majorité des procès-verbaux des réunions de chantier

⁹ Pièces COM-62, COM-62A, COM-62B, COM-62C, COM-63 et COM-63B (Annexe 10).

et les plans « tel que construit » des ouvrages de la Concorde et de Blois. La Commission a tout de même été saisie de plus de 3 200 documents représentant environ 26 000 pages.

Les recherches menées auprès des divers intervenants responsables de la conception et de la construction se sont avérées infructueuses, à une exception près. En effet, monsieur Gilles Dupaul, alors ingénieur chez Desjardins Sauriol & Associés (« DSA ») et concepteur des ouvrages de la Concorde, mentionnant plusieurs révisions dont la dernière est datée du 17 août 1970. Monsieur Dupaul a remis la copie de ces plans à la Commission. Il s'agit des plans les plus à jour qu'il a été donné à la Commission et à ses experts de consulter.

1.3.2 Recherches concernant les causes physiques

Les commissaires ont également entrepris d'élaborer un programme de recherche des causes physiques de l'effondrement avec l'aide de la direction technique de la Commission. Ils ont ainsi déterminé plusieurs aspects techniques qui devaient faire l'objet d'expertises approfondies. Les principaux sont :

- Les codes, normes et règles de l'art en vigueur à l'époque de la conception et de la construction, ainsi que leurs mises à jour jusqu'en 2006 ;
- Les règles de l'art applicables en matière d'inspection, d'entretien et de réparations des structures ;
- Les propriétés des matériaux, dont le béton ;
- Le comportement structural de l'ouvrage par le biais de diverses analyses numériques ;
- La dissection de certaines pièces du viaduc de la Concorde.

À cette fin, les commissaires ont fait appel à deux experts, MM. Jacques Marchand, ingénieur, Ph.D., et Denis Mitchell, ingénieur, Ph.D. Le premier est un expert en matériaux dans le domaine du béton. Le second est un expert en analyse des structures en béton et de leur comportement sous charge. MM. Marchand et Mitchell sont reconnus outre frontières et ont agi comme experts dans de nombreux dossiers mettant en cause des ponts et autres structures du même genre en béton, comme l'indiquent leurs curriculum vitæ respectifs déposés lors des audiences publiques¹⁰. Ils ont d'ailleurs agi comme experts dans le cadre de l'enquête du coroner consécutive à l'effondrement du viaduc du boulevard du Souvenir, à Laval, en juin 2000.

À l'origine, MM. Marchand et Mitchell avaient été mandatés par la SQ afin de l'assister dans son enquête. La Commission a rapidement constaté que ces deux experts avaient une expérience très précieuse pour la réalisation de son mandat. Elle a donc entrepris de nombreuses démarches afin de s'assurer que MM. Marchand et Mitchell puissent agir comme experts de la Commission.

¹⁰ Pièces COM-67, COM-67A et COM-67B (Annexe 10).

Par la suite, MM. Marchand et Mitchell se sont adjoint les services de plusieurs autres experts aux compétences complémentaires aux leurs. Ces experts les ont épaulés dans l'exécution des divers mandats d'expertise que leur a confiés la Commission à compter de la fin novembre 2006. Il s'agit de MM. Michel Bédard, a.-g., Pierre Bélanger, a.-g., M.Sc., Marc-André Bérubé, ingénieur, Ph.D., Benoît Bissonnette, ingénieur, Ph.D., Richard Cantin, ingénieur, Ph.D., Omar Chaallal, ingénieur, Ph.D., Michel Chouteau, ingénieur, Ph.D., William D. Cook, Ph.D., Les Davis, Ron Grieve, Jean Hamaoui, ingénieur, Claude Lelièvre, Ph.D., Éric Ouellet, ingénieur, M.Sc., Pierre Proulx, ingénieur et Alexander M. Vaysburd, ingénieur, Ph.D.

1.3.3 Recherches générales liées à la gestion des ouvrages

Le troisième axe de recherche concerne les recommandations que le gouvernement désire obtenir de la Commission quant aux mesures à prendre afin que ne se reproduise plus un effondrement comme celui du 30 septembre 2006. Les commissaires ont établi un programme de recherche afin d'approfondir leurs connaissances de certains sujets pertinents à la gestion d'un grand réseau d'ouvrages d'art. Ce programme de recherche portait principalement sur les sujets qui suivent.

La responsabilité des ponts, viaducs et autres ouvrages d'art semblables situés sur le territoire québécois, ainsi que leur gestion, incombe principalement au MTQ ou à l'une des neuf grandes municipalités de plus de 100 000 habitants. Les commissaires ont examiné la législation applicable, notamment la *Loi sur la voirie*¹¹. Ils se sont aussi intéressés au concept de « juridiction partagée » dont relèvent certains ponts et viaducs québécois. Ils ont rencontré des intervenants œuvrant notamment dans le milieu municipal afin de mieux cerner certains enjeux importants, par exemple, l'entretien des ponts à « juridiction partagée ».

Les commissaires se sont aussi intéressés à d'autres juridictions, afin de comparer les pratiques au Québec avec celles qui ont cours ailleurs, notamment en Ontario et aux États-Unis.

Les commissaires ont également exploré divers aspects de la construction d'ouvrages d'art, dont la complexité dépasse largement celle des autres ouvrages de génie civil. Les sujets explorés touchent notamment la qualification des entrepreneurs, le processus de soumission, l'encadrement des professionnels et les modes de réalisation d'un ouvrage.

1.4 Aspects juridiques de l'enquête

Sous la responsabilité de M^e Michel Décary, la direction juridique a entrepris de retrouver les personnes et témoins pouvant être utiles aux deux premiers volets du mandat de la Commission. Il aura fallu de nombreux efforts pour contacter des personnes dont l'activité liée à la réalisation et à la vie de l'ouvrage remontait à près de 40 ans. Parallèlement, la Commission adopta les *Règles de procédure et de fonctionnement* proposées par la direction juridique (ci-après les « Règles »)¹². Ces Règles encadraient principalement les statuts de participant et d'intervenant, le déroulement des audiences, les modalités de formulation des demandes adressées à la

¹¹ L.R.Q., c. V-9.

¹² Annexe 3.

Commission et le processus relatif aux entrevues préalables des témoins et aux interrogatoires lors des audiences. Elles fixaient également les conditions d'admissibilité de la preuve, la procédure relative à l'audition d'un expert et au dépôt de son rapport ainsi que l'utilisation des documents lors des audiences.

Le statut de participant a été accordé à toutes les personnes¹³ qui avaient, de l'avis de la Commission, « un intérêt important et direct à l'égard du sujet de l'enquête »¹⁴. Le statut d'intervenant a été attribué à toutes les personnes qui avaient, de l'avis de la Commission, « un intérêt réel à l'égard des questions soulevées dans le mandat de l'enquête ainsi qu'une vue ou une expertise particulière qui pourraient [...] aider [la Commission] »¹⁵.

Les articles 12 et 13 précisaient les droits des participants et des intervenants, à savoir :

- Obtenir un préavis des documents que les avocats de la Commission se proposent de déposer en preuve ;
- Dans la mesure du possible, obtenir la communication préalable des éléments de preuve prévus ;
- Proposer aux avocats de la Commission de convoquer certains témoins ou de demander une ordonnance contraignant un témoin particulier à comparaître ;
- Présenter un mémoire écrit.

1.4.1 Audiences préliminaires et décisions rendues

1.4.1.1 Statut de participant et d'intervenant

Le 2 mars 2007, la Commission émettait un avis public¹⁶ invitant toute personne ou tout organisme intéressé à lui faire parvenir une demande de statut de participant ou d'intervenant, conformément aux prescriptions fixées par l'article 10 des Règles.

La Commission a reçu sept demandes : cinq à titre de participant et deux à titre d'intervenant¹⁷.

Le 12 mars 2007, la Commission entendait les diverses demandes¹⁸. Le 15 mars suivant, elle accordait¹⁹ le statut de participant :

- à MM. René Therrien, Gilles Dupaul et aux employés et associés de DSA ;
- à Inter State Paving inc. ;

¹³ Art. 2 g) des Règles : « Personne : désigne un individu, un groupe, les gouvernements, les organismes et toute autre entité ».

¹⁴ Art. 8 des Règles.

¹⁵ Art. 9 des Règles.

¹⁶ Avis public (Annexe 1).

¹⁷ Demande de statut de participant ou d'intervenant (Annexe 4).

¹⁸ Transcriptions, le 12 mars 2007 (Annexe 9).

¹⁹ Décision de la Commission, le 15 mars 2007 (Annexe 4).

- au ministre des Transports du Québec;
- à la Ville de Laval.

La Commission accordait également²⁰ le statut d'intervenant aux organismes suivants :

- La Coalition pour l'entretien et la réfection du réseau routier du Québec;
- L'Ordre des ingénieurs du Québec.

L'Association professionnelle des ingénieurs du Gouvernement du Québec (l'« APIGQ ») demandait un statut de participant. La Commission lui a accordé un statut d'intervenant, car elle a considéré, d'une part, que si ses membres disposaient d'une expérience indéniable, il appartenait au MTQ de répondre de son personnel et que, d'autre part, l'APIGQ en tant qu'association n'avait pas un intérêt important et direct puisqu'elle n'était ni nommément ni directement visée par l'enquête²¹.

1.4.1.2 Demande de récusation

Le 27 mars 2007, l'APIGQ saisissait la Commission d'une demande de récusation visant le président de la Commission, M^e Pierre Marc Johnson, ainsi que l'un de ses commissaires, monsieur Armand Couture²².

Le 29 mars 2007, la Commission entendait la demande de l'APIGQ²³, laquelle fut rejetée le 4 avril suivant²⁴.

1.5 Audiences sur le fond

Le 2 mars 2007, la Commission émettait un avis public fixant au 10 avril 2007 le début de ses audiences sur le fond²⁵.

En plus des deux séances de procédures préliminaires, la Commission a siégé durant 30 jours et entendu 58 témoins.

Les audiences ont commencé le 10 avril à 9 h 30 à l'hôtel Sheraton à Laval, ainsi que les 11 et 12 avril. Elles se sont poursuivies ensuite à Montréal dans des locaux mis à sa disposition par la présidente de la Commission des lésions professionnelles au 500, boulevard René-Lévesque Ouest. Ces audiences ont pris fin le 31 juillet avec la présentation des mémoires des parties participantes et intervenantes.

Les audiences se sont déroulées en trois blocs distincts : le premier portait sur la preuve factuelle, le deuxième concernait la preuve d'experts et le troisième était consacré à la présentation des mémoires des participants et intervenants.

²⁰ *Idem.*

²¹ *Idem.*

²² Demande de récusation (Annexe 4).

²³ Transcriptions, le 29 mars 2007 (Annexe 9).

²⁴ Décision de la Commission, le 4 avril 2007 (Annexe 4).

²⁵ Annexe 1.

La Commission a pris connaissance de la preuve factuelle durant 17 jours d'audiences, du 10 avril au 19 juin. Elle a entendu 49 témoins idoines. La Commission a également pris connaissance des déclarations assermentées de 17 témoins additionnels²⁶, principalement des personnes blessées lors de l'effondrement ou qui ont été témoins de cet événement.

La présentation de la preuve d'experts a duré 12 jours, du 4 au 19 juillet. Durant cette période, la Commission a entendu neuf témoins experts qu'elle avait convoqués elle-même, ou qui l'avaient été par le MTQ ou par les ingénieurs-concepteurs.

Lors des audiences, 182 pièces, dont 10 rapports d'experts, ont été déposées en preuve documentaire. De plus, huit rapports d'expertises complémentaires ont été versés au dossier de la preuve.

Après avoir entendu les témoignages, les commissaires ont reçu les mémoires soumis par six participants et intervenants. Le 31 juillet, cinq d'entre eux ont présenté leurs observations aux commissaires et répondu à leurs questions.

Les audiences ont été diffusées dans leur intégralité en temps réel par l'intermédiaire du site Internet de la Commission (www.cevc.gouv.qc.ca), ce qui représente plus de 137 heures de diffusion. Les enregistrements vidéo y seront accessibles jusqu'au 31 mars 2008. Les enregistrements audio des audiences et leurs transcriptions y demeureront quant à eux, disponibles jusqu'au 31 mars 2009. Par la suite, ils pourront être obtenus du Service des archives du ministère du Conseil exécutif. Le site Internet de la Commission fournira jusqu'au 31 mars 2009 l'information à ce sujet.

Enfin, un sténographe officiel a transcrit l'intégralité du contenu des audiences. Les quelque 7 200 pages de notes sténographiques produites sont incluses à l'annexe 9.

²⁶ Pièces COM-12, COM-12k et I, COM-13, COM-13B, COM-14 et COM-55A (Annexe 10).

CHAPITRE 2

2. L'OUVRAGE, TEL QUE CONÇU ET TEL QUE CONSTRUIT

2.1 Disposition générale de l'ouvrage

Pour bien comprendre les causes de l'effondrement du 30 septembre 2006, il faut connaître les caractéristiques fondamentales de la conception du viaduc de la Concorde et revoir les concepts et réalités qui faisaient de cette structure un ouvrage d'art très particulier. D'une conception peu fréquente en Amérique du Nord, le viaduc présentait plusieurs particularités qui ont largement influé sur son comportement tout au long de sa vie utile.

Les travaux de la Commission ont aussi mis en évidence des différences non négligeables entre ce que prévoyaient les plans (le *tel que conçu*) et ce qui fut exécuté (le *tel que construit*).

Les dessins et croquis du viaduc de la Concorde *tel que conçu* figurant dans ce chapitre ont été reconstitués à partir de la plus récente version des plans en possession de l'ingénieur Dupaul, de la firme DSA, à l'époque de la conception. Les dessins de l'ouvrage *tel que construit* ont été préparés à partir des rapports d'expertise concluant que les armatures des porte-à-faux des culées avaient été mal placées¹.

L'encadré 2.1 donne quelques explications sur les choix terminologiques et l'appellation de *viaduc* que la Commission a décidé de conserver, bien qu'elle constitue une impropriété.

Encadré 2.1 Viaduc, pont d'étagement, passage supérieur ou saut-de-mouton ?

Il convient tout d'abord d'apporter quelques précisions de nature terminologique. L'appellation « viaduc de la Concorde » correspond à une dénomination québécoise communément utilisée dans le langage courant. On la trouve notamment dans le décret créant la Commission d'enquête « sur l'effondrement d'une partie du viaduc du boulevard de la Concorde ». Toutefois, au sens des dictionnaires, et en français standard, un viaduc est un ouvrage construit à grande hauteur ou comportant de nombreuses travées et permettant de franchir une vallée.

Dans le langage des ingénieurs, le type de structure dont il est question dans ce rapport est un *pont d'étagement*, c'est-à-dire, comme le décrit le lexique de la Commission², un ouvrage d'art conçu pour passer au-dessus d'une voie de circulation routière ou ferroviaire. L'Office québécois de la langue française désigne ce type d'ouvrages sous le nom de passage supérieur ou de *saut-de-mouton*.

¹ Ce point a fait l'objet d'un consensus entre les différents experts : pièce COM-72 (point 1.6).

² Pièce COM-2.

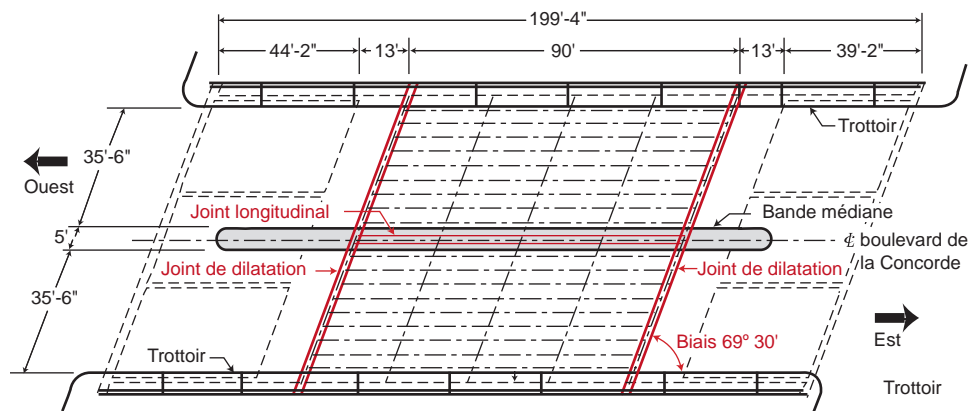


Figure 2.1 Vue en plan du viaduc de la Concorde

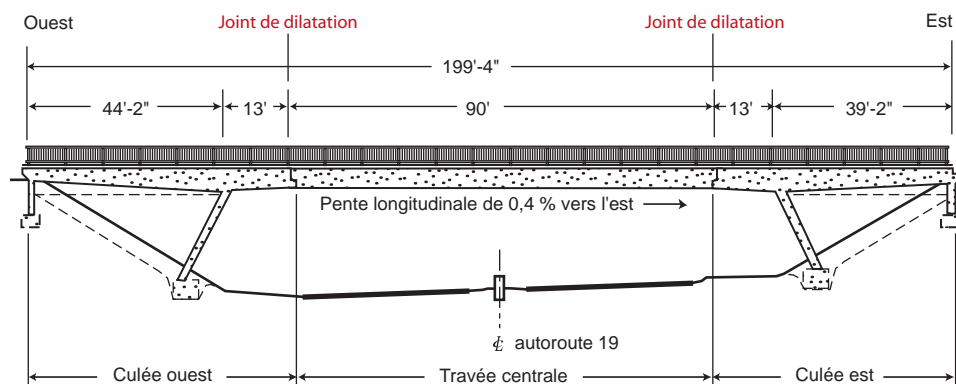


Figure 2.2 Vue en élévation du viaduc de la Concorde à partir de l'autoroute 19

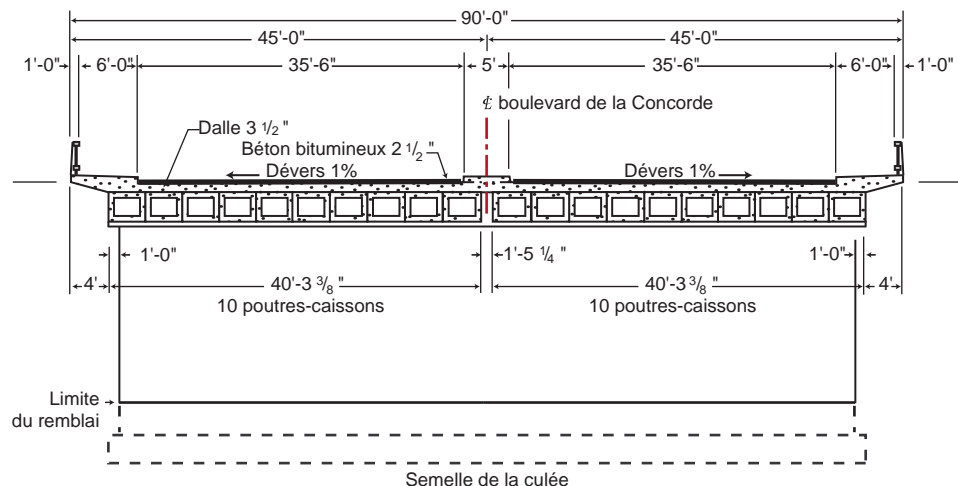


Figure 2.3 Coupe transversale du viaduc de la Concorde (dans l'axe du boulevard de la Concorde)

Cependant, l'appellation « viaduc de la Concorde » s'est imposée spontanément à travers l'importante couverture médiatique qui a suivi l'effondrement et dans la très grande majorité des documents reçus à la Commission, qui emploient abondamment cette expression. Les commissaires l'ont donc conservée en considérant qu'elle relevait davantage du nom propre de l'ouvrage d'art faisant l'objet de ce rapport que de la catégorie générale de structures à laquelle il appartient.

Situé à Laval, le viaduc de la Concorde permet le croisement sans obstruction de deux voies de circulation très fréquentées, soit le boulevard de la Concorde, qui passe au-dessus, et l'autoroute 19, construite en tranchée à cet endroit. La structure comporte six voies de circulation ; trois se dirigeant vers l'ouest et trois vers l'est. Les figures 2.1, 2.2, 2.3 et 2.4 montrent respectivement, une vue en plan, une vue en élévation, une coupe transversale et une perspective générale de cet ouvrage³.

La vue en plan révèle que le viaduc comporte un biais, c'est-à-dire un angle différent de 90 degrés entre l'axe longitudinal du pont (l'axe correspondant au sens de la circulation) et l'axe transversal (l'axe perpendiculaire au sens de la circulation). L'importance de ce biais sera discutée au chapitre 5.

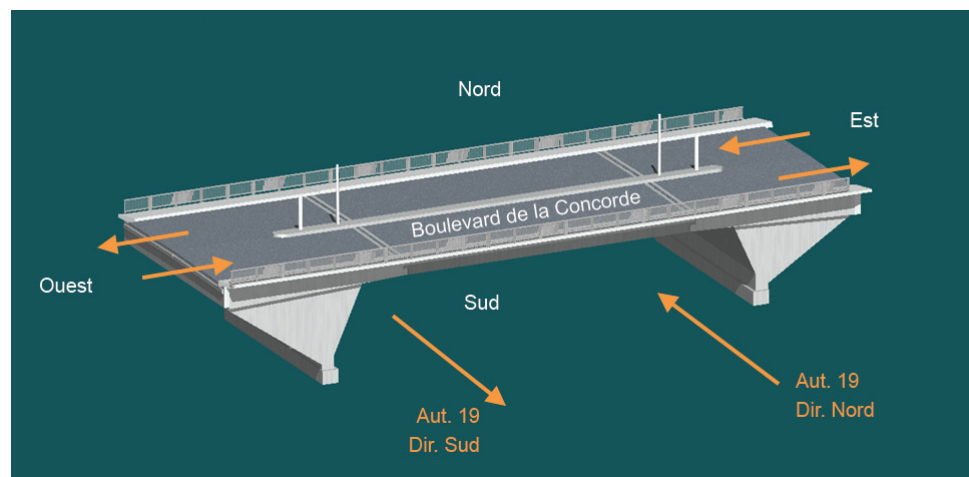


Figure 2.4 Perspective générale du viaduc de la Concorde⁴

³ Les figures 2.1, 2.2 et 2.3 se trouvent à la Pièce COM-62, p. 7.

⁴ Pièce COM-2, p. 10.

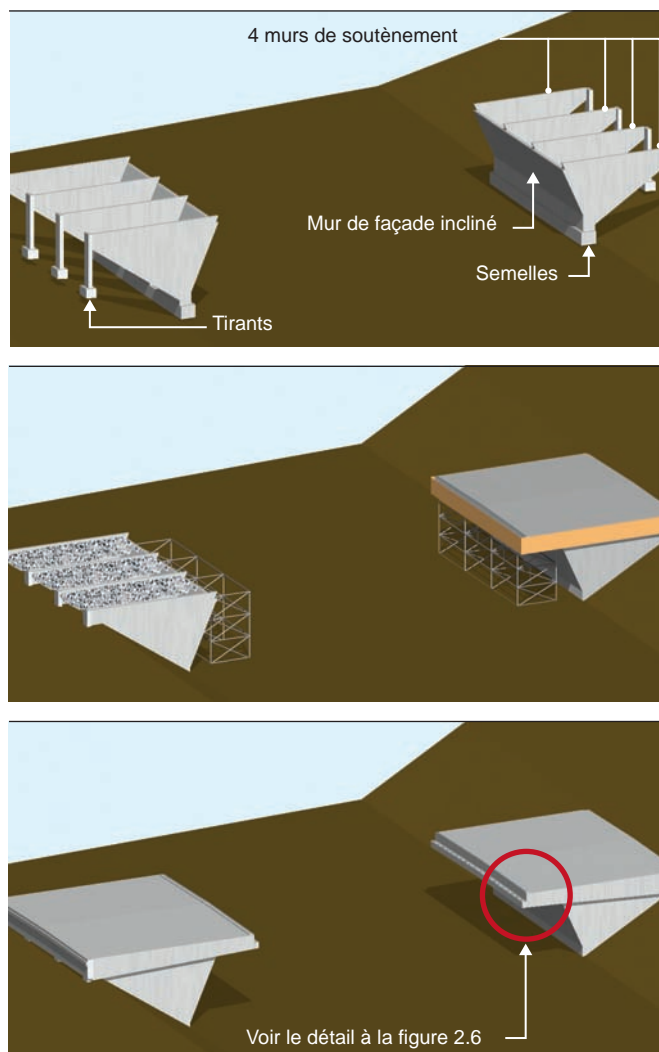


Figure 2.5 Séquence de construction des culées ⁵

⁵ Pièce COM-2, p. 34, 38 et 39.

2.2 Les culées et les barres d'armature, *telles que conçues*

Le viaduc possède deux culées. Une culée est un appui situé à l'extrémité du viaduc. Elle est constituée d'un mur de façade incliné et de quatre murs de soutènement longitudinaux. Ces derniers soutiennent une dalle épaisse en béton armé dont une partie se trouve en porte-à-faux au-dessus de l'autoroute 19. Rappelons qu'un porte-à-faux est une structure dont une extrémité n'est pas soutenue par un appui.

La figure 2.5 illustre la séquence de construction des culées, tandis que la figure 2.6 montre le détail du porte-à-faux.

Étape 1 : les semelles de fondation sont ancrées dans le roc. Quatre murs de soutènement triangulaires, ancrés par l'arrière dans le roc au moyen de tirants, supportent le mur de façade qui est incliné vers l'autoroute.

Étape 2 : après avoir remblayé les caissons formés par les murs, on prépare les étalements et les coffrages pour la construction des dalles épaisses ; on pose les aciers d'armature de chaque dalle, puis la dalle est bétonnée.

Étape 3 : on complète les dalles épaisses qui se terminent en porte-à-faux au-dessus de l'autoroute.

Chapitre 2 L'ouvrage, tel que conçu et tel que construit

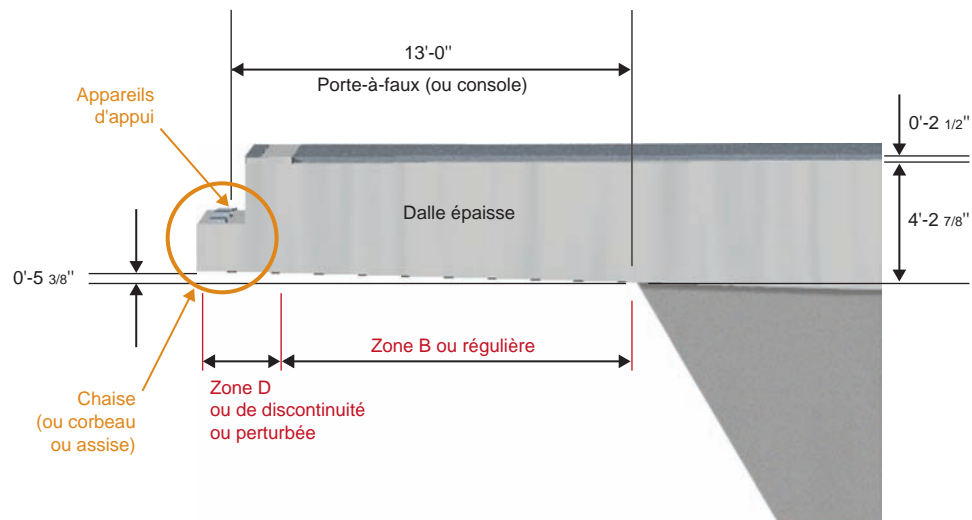


Figure 2.6 Schéma de la culée est et dimensions principales

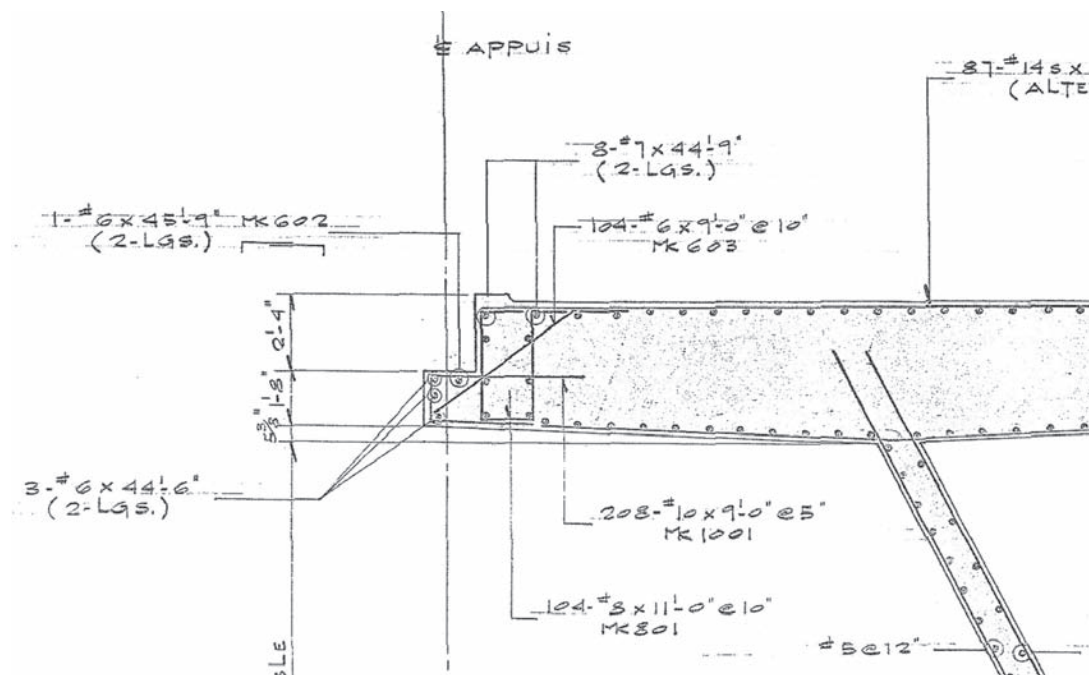


Figure 2.7 Disposition des barres d'armature dans le porte-à-faux de la culée est (extrait de plan)

La figure 2.6 illustre le porte-à-faux divisé selon deux sections : une chaise située à l'extrémité libre, sur laquelle s'appuient les poutres-caissons de la travée centrale, et une dalle épaisse qui rattache la chaise au reste de la culée. L'équilibre de la culée est assuré par des ancrages dans le roc à l'extrémité opposée au porte-à-faux.

La chaise (ou corbeau) constitue une extension du porte-à-faux sur laquelle viennent s'appuyer les poutres-caissons formant la travée centrale de l'ouvrage, dont la surface horizontale est appelée l'assise.

Cette figure indique en outre les principales dimensions de la culée est. Du mur de la culée jusqu'au centre de l'assise des poutres-caissons, les porte-à-faux est et ouest mesurent 3,96 m (13'). La largeur totale des culées est de 27,4 m (90'), trottoirs en porte-à-faux compris, ou de 25,0 m (82') sans trottoirs. L'épaisseur de la dalle est variable. Incluant le revêtement de béton bitumineux, elle est d'environ 1,36 m (4' - 5 3/8") à la naissance du porte-à-faux au droit du mur de façade, pour s'amincir légèrement vers la chaise où elle mesure 1,22 m (4')⁶.

La figure 2.7, extraite des plans de conception, montre la disposition *telle que conçue* des barres d'armature dans le porte-à-faux de la culée est du viaduc de la Concorde⁷.

⁶ Pièce COM-62, p. 9.

⁷ Pièce COM-19, p. 15.

Chapitre 2 L'ouvrage, tel que conçu et tel que construit

2

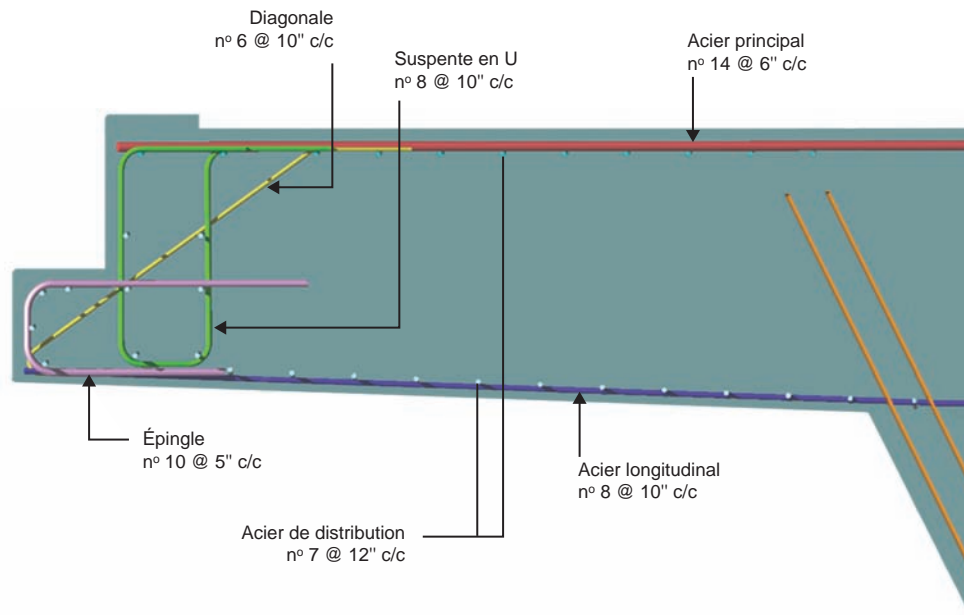


Figure 2.8 Disposition des barres d'armature spécifiées sur les plans dans le porte-à-faux de la culée est

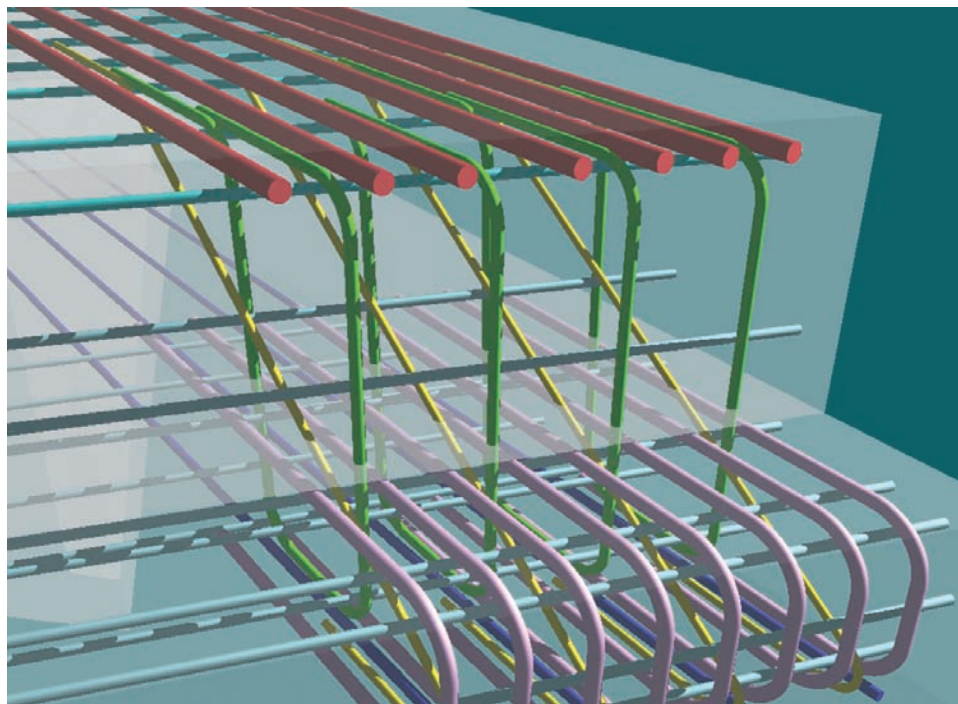


Figure 2.9 Vue en perspective des armatures de la chaise spécifiées sur les plans

La figure 2.8, produite par les experts de la Commission⁸, illustre elle aussi la disposition *telle que conçue* des armatures. Dans cette figure, les couleurs et les textures des éléments remplacent les conventions graphiques du dessin de conception de la figure 2.7 en montrant chaque barre à l'emplacement prévu. Sur le rang supérieur d'armature, on note, par exemple, que les barres principales (ici en rouge, et portant le n° 14 ou parfois celui de n° 14 S), les crochets horizontaux des suspentes (en vert, appelées barres en U n° 8 ou suspentes en U n° 8 à la figure 2.8) et des diagonales (en jaune) sont tous placés sur un même plan. On note également que les barres bleues, dites transversales ou n° 7, sont parallèles au mur de façade et placées sous les barres n° 14. Pour mieux illustrer la disposition des barres d'armature, la figure 2.9 offre une vue en perspective de l'extrémité du porte-à-faux et de la chaise. Le tableau 2.1 décrit les différentes catégories de barres d'armature utilisées.

Tableau 2.1 Dimensions des barres d'armature

Catégorie	Couleur dans les Figures 2.8 et 2.9	Diamètre (en huitième de pouce)*	Diamètre (mm)
Barres n° 14 S (spécial)	Rouge	Légèrement inférieur à 14/8" (1,693")	43,0 mm
Barres n° 10	Rose	Légèrement supérieur à 10/8" (1,27")	32,3 mm
Barres n° 8	Vert ou violet	8/8"	25,4 mm
Barres n° 7	Bleu ou bleu pâle	7/8"	22,2 mm
Barres n° 6	Jaune	6/8"	19,1 mm

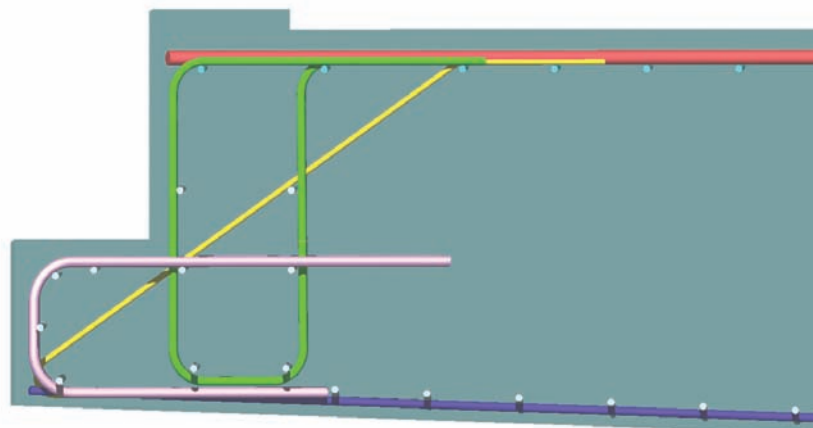
* Le système de mesures impériales prévalait au moment de la construction. Dans ce système, les barres étaient identifiées par un numéro correspondant à leur diamètre en huitième de pouce. La mesure du diamètre correspond exactement au chiffre indiqué pour les barres de calibre n° 8 et celles de calibre inférieur, mais elle est approximative pour les barres de calibre supérieur.

Voici une description des barres d'armature présentes dans les sections en **porte-à-faux**⁹ :

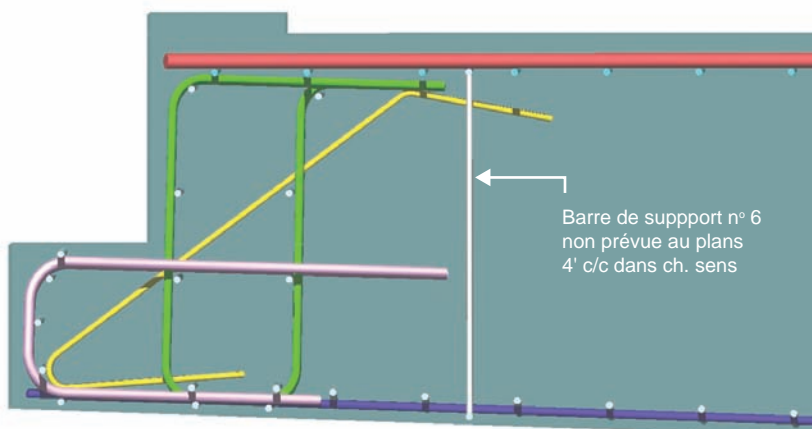
- Barres principales n° 14 S (en rouge), disposées longitudinalement dans la partie supérieure de la culée. Dans la section du porte-à-faux, l'espacement entre ces barres est de 152 mm (6"). Elles sont aussi parfois qualifiées de «barres n° 14».
- Barres transversales n° 7 (en bleu), disposées sous les barres n° 14 et espacées de 305 mm (12").
- Barres longitudinales n° 8 (en violet), disposées dans la partie inférieure de la culée et espacées de 254 mm (10").
- Barres transversales n° 7 (en bleu pâle), disposées au-dessus des barres n° 8 et espacées de 305 mm (12").

⁸ Pièce COM-2, p. 83.

⁹ Pièce COM-62, p. 8 et 9.



Armature de la chaise telle que conçue



Armature de la chaise telle que construite

Figure 2.10 Disposition des armatures de la chaise telles que conçues et telles que construites dans le porte-à-faux de la culée est

Quant aux barres d'armature dans la **chaise** des porte-à-faux, elles comprennent :

- Les barres n° 8 (en vert), qui agissent comme suspentes ou tirants en « U » ; elles sont espacées de 254 mm (10"). La suspente est une barre structurale servant à transférer la charge de l'appui du bas vers le haut du porte-à-faux afin de transmettre les efforts aux barres de flexion n° 14¹⁰.
- Les barres diagonales n° 6, (en jaune), qui permettent principalement de prévenir l'ouverture de fissures dans le coin de la chaise. Ces barres servent également à transmettre les charges entre l'assise et le haut du porte-à-faux et à intercepter les efforts de traction dans le béton près de l'appui.
- Les épingles n° 10 (en rose), qui sont espacées de 127 mm (5"), forment l'armature principale de l'assise ou du corbeau ; elles transmettent les charges qui s'exercent sur le corbeau vers l'intérieur de la dalle épaisse en porte-à-faux.

Il sera aussi question au chapitre 5 d'une autre catégorie de barres d'armature qualifiées d'étriers. Un étrier est une barre d'armature qui sert principalement à reprendre les efforts de cisaillement (ou les efforts tranchants). Généralement placées à la verticale ou inclinées, ces barres se terminent habituellement par des pliages ou des crochets engagés autour des barres longitudinales dans le haut et dans le bas. Ainsi fixées, elles peuvent se mettre en traction sur toute leur hauteur, mais en restant bien ancrées dans le béton. Dans le viaduc de la Concorde *tel que conçu*, la dalle épaisse du porte-à-faux ne comporte pas d'étriers ni aucun autre type d'armature prévu pour résister à l'effort tranchant. Dans la majeure partie du porte-à-faux, l'essentiel de l'effort tranchant est donc repris par le béton seul. Cette caractéristique fondamentale du viaduc de la Concorde se trouve au cœur des expertises discutées au chapitre 5.

2.3 Les culées et les barres d'armature, *telles que construites*

Les travaux de la Commission ont révélé que certaines barres d'armature des culées n'avaient pas été installées conformément aux plans. La figure 2.10 illustre les différences entre la conception et l'ouvrage *tel que construit*. Elle montre notamment que les suspentes en U, ou barres n° 8, de même que les barres diagonales, ne se terminaient pas en haut dans le même plan que les barres n° 14, mais qu'elles arrivaient plutôt sous celles-ci. L'importance de ces différences est discutée au chapitre 5. On notera également que l'entrepreneur a ajouté certaines barres supplémentaires, notamment des barres verticales n° 6, disposées tous les 1,2 m × 1,2 m (4' × 4') environ, ainsi que quelques barres horizontales, afin de supporter les barres des lits d'armature supérieurs, ce qui est une pratique courante¹¹. L'installation de ces barres n° 6 n'était pas prévue dans les plans et devis.

¹⁰ Dans plusieurs documents et témoignages, ces suspentes sont décrites comme des « étriers en U ». Cependant, elles jouent un rôle très différent de celui des étriers qui servent d'armature en cisaillement dans les éléments en flexion.

¹¹ Pour plus de détails sur l'armature *telle que construite*, voir la pièce COM-62D à l'Annexe A4 du rapport des experts de la Commission.



Figure 2.11 Illustration des contraintes de traction et de compression

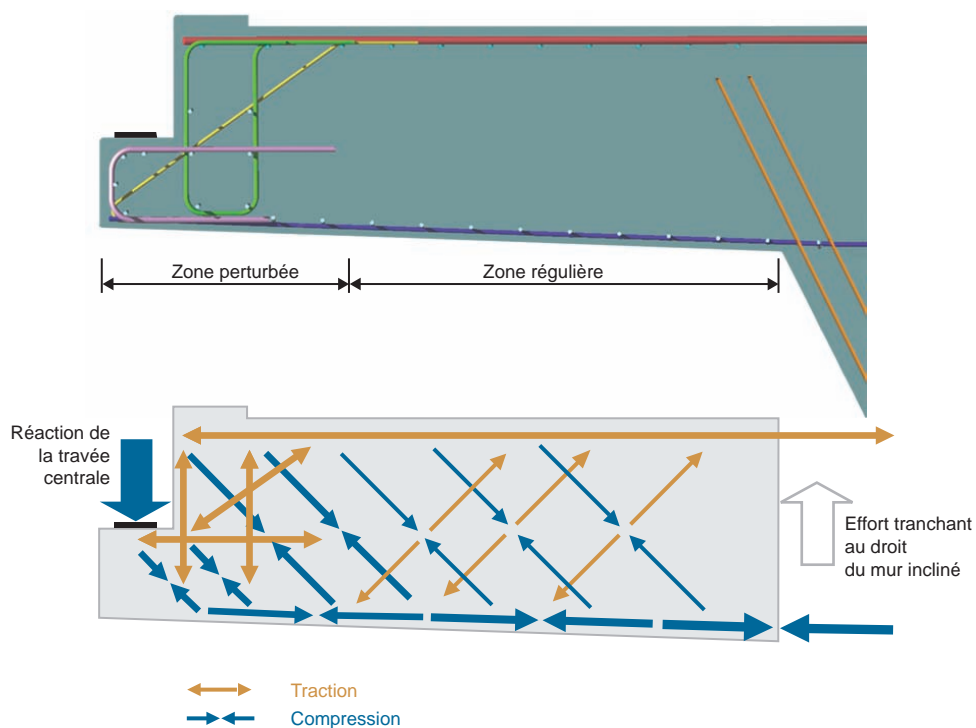


Figure 2.12 Schéma du cheminement des forces internes dans le porte-à-faux

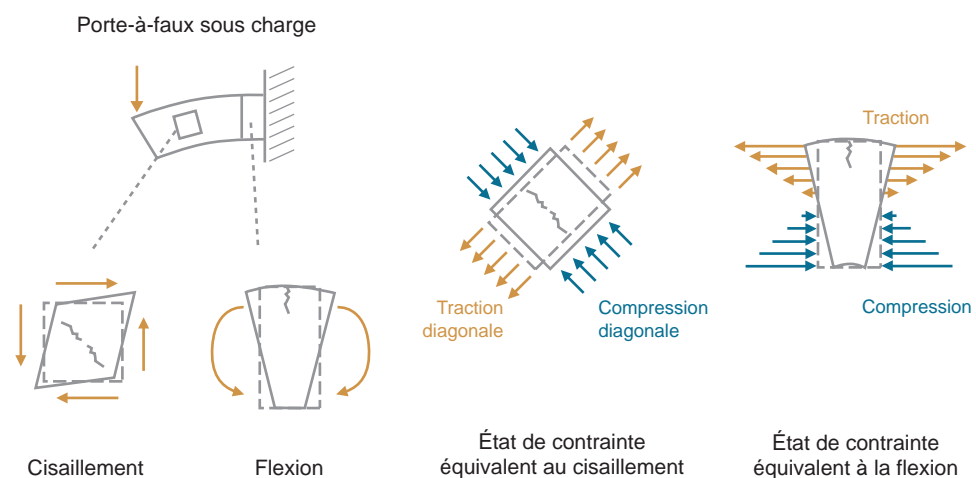


Figure 2.13 Illustration des contraintes en flexion et en cisaillement

Comme le lecteur le notera aux chapitres 5 et 6, cette pose des aciers d'armature non conforme aux plans et devis aura des conséquences déterminantes. Afin d'en apprécier toute l'importance, il faut aussi connaître les forces et les contraintes qui s'exercent sur le béton et auxquelles les aciers d'armature doivent normalement permettre de résister. C'est l'objet de la prochaine section.

2.4 Quelques notions de résistance des matériaux

2.4.1 Traction et compression

Toutes les structures portent des charges que les matériaux transmettent vers leurs points d'appui, autrement dit vers les fondations. Les forces internes produisent des contraintes dans les matériaux, ce qui les amène à raccourcir ou à allonger, à se déformer ou encore à déchirer. La contrainte s'exprime en une force par unité de surface. Dans le système impérial, l'unité de mesure est la livre par pouce carré (lb/po^2), ou *pounds per square inch* (ou psi), ou encore le kip¹² par pouce carré (kips/po^2), ou *kips per square inch* (ou ksi). Dans le système international (SI), une contrainte s'exprime en kilopascals (kPa) ou en mégapascals (MPa)¹³.

Les états de contraintes les plus élémentaires sont unidirectionnels. Comme le montre la figure 2.11, une contrainte en **traction** allonge les fibres du matériau dans la direction de la contrainte ; inversement, un corps comprimé, ou en **compression**, raccourcit.

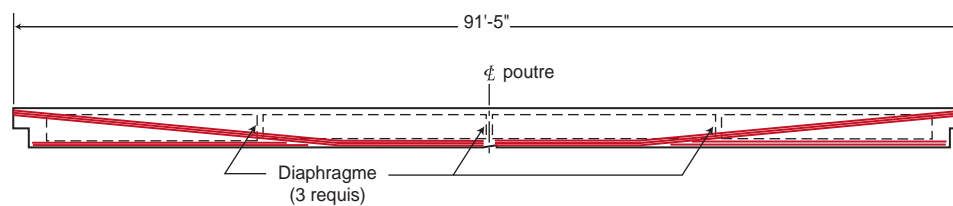
2.4.2 Cheminement des forces internes dans le porte-à-faux

Après avoir présenté les notions de base sur la traction et la compression, et avant d'entrer dans des considérations plus complexes abordées au chapitre 5, qui traite de l'expertise, il est utile de décrire sommairement la distribution des forces internes dans le porte-à-faux. C'est ce qu'indique l'illustration de la partie inférieure de la figure 2.12 qui représente sommairement le cheminement d'une force appliquée sur l'assise, par exemple le poids considérable de la travée centrale et la charge des véhicules qui y circulent.

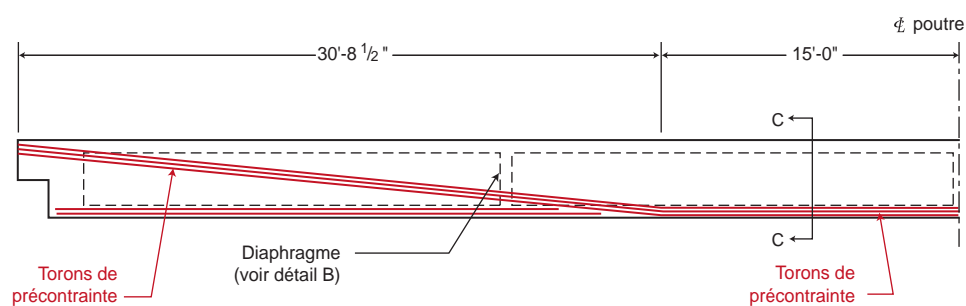
De façon simplifiée, la force appliquée sur l'assise symbolisée par la flèche bleue, à gauche, produit une réaction de compression (vecteur bleu) dans le bas de la dalle et une réaction de traction dans le haut (vecteur orange). On note que la distribution des efforts internes est complexe dans la région de la chaise, mais qu'elle devient régulière vers la droite, en approchant de la « racine » du porte-à-faux. Les forces de traction dans la zone perturbée et dans le haut de la zone régulière sont transmises principalement par l'intermédiaire des aciers d'armature, car le béton présente une faible résistance à la traction. Quant aux forces de compression, elles sont transmises principalement par l'intermédiaire du béton.

¹² 1 kip = 1 000 lb.

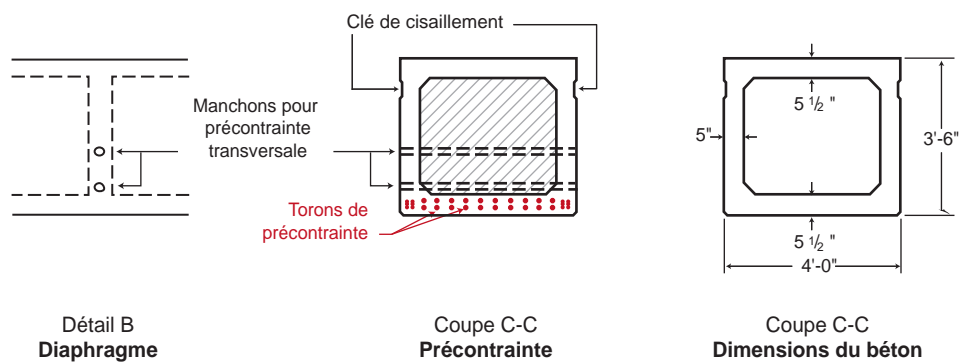
¹³ 1 000 psi = 6,892 MPa ; par exemple, le béton spécifié pour les culées du viaduc de la Concorde a une résistance de 4 000 lb/po^2 , ou 4 000 psi, soit 27,6 MPa.



Élévation d'une poutre complète



Demi-élévation



Note : l'armature non précontrainte n'est pas illustrée.

Figure 2.14 Géométrie d'une poutre-caisson individuelle

2.4.3 Flexion et cisaillement

Lorsqu'on fait plier un élément de structure comme une poutre, une dalle de plancher ou une dalle de pont, on la sollicite en **flexion**. La courbure ainsi imposée à l'élément fait en sorte que les fibres du côté convexe s'allongent (elles travaillent en traction) alors que simultanément, celles du côté concave raccourcissent (elles travaillent en compression).

Dans certaines parties d'une structure en flexion, on retrouve aussi des contraintes en cisaillement, un effet tranchant résultant de l'exercice simultané de la compression et de la traction dans des directions diagonales qui cherchent à déchirer le béton. La figure 2.13 illustre les contraintes imposées par la flexion et le cisaillement.

Dans une structure en béton non armé, dans laquelle les contraintes dépassent la résistance à la traction du béton, le cisaillement s'exprime nécessairement par des fissures en diagonale. C'est une contrainte en cisaillement qui a produit la rupture du viaduc de la Concorde¹⁴. Cette question fait l'objet d'explications détaillées au chapitre 5.

2.5 Béton des culées

En lui-même, le béton est un matériau très résistant lorsqu'il travaille en compression, mais relativement peu résistant en traction. Pour permettre à la structure de résister aux charges qui produisent de la traction, on y incorpore des barres d'armature en acier, un matériau très résistant en traction qui, une fois le béton durci, formera avec lui un nouveau matériau, le béton armé, dont les deux composantes agissent en complémentarité.

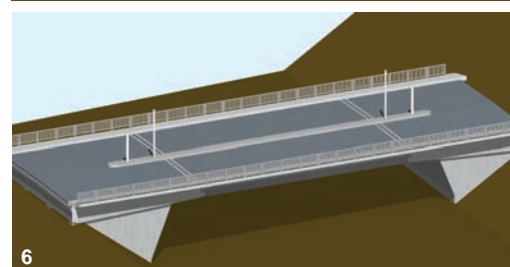
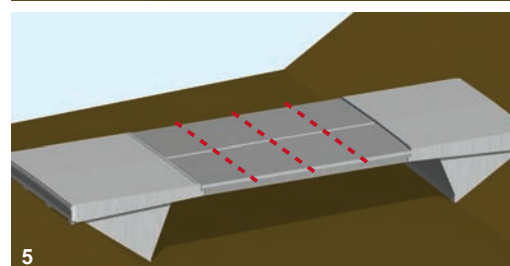
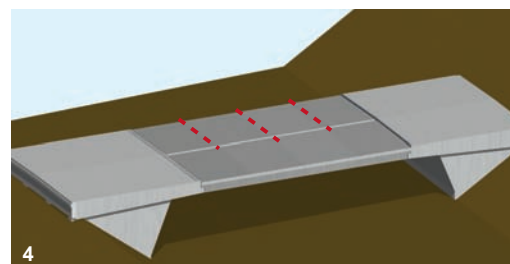
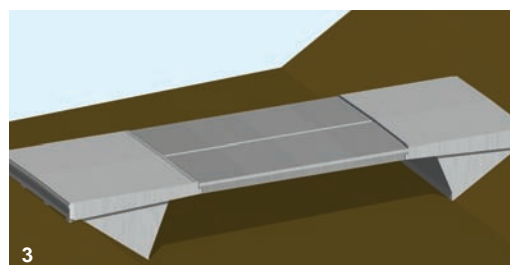
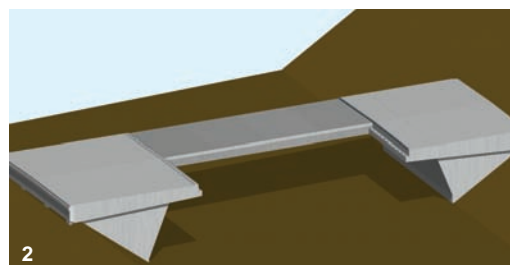
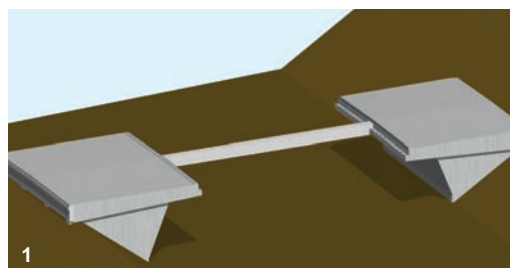
Le béton est constitué d'un mélange de ciment, d'eau, de sable et de pierre. La plupart du temps, on y incorpore des petites bulles d'air au moment de sa production en usine pour le protéger contre les effets des cycles de gel-dégel. Par ailleurs, les proportions du mélange, et plus particulièrement le rapport eau/ciment, influent directement sur la durabilité et la résistance mécanique du béton.

Les expertises déposées devant la Commission ont révélé de la confusion au chapitre des spécifications du béton à utiliser pour les culées. Le devis spécial contenait des spécifications pour deux types de béton qualifiés de « C » et de « A ». Le mélange de type « C » est produit avec un rapport eau/ciment de 0,45 et une teneur en air de 7 %. Le mélange de type « A », moins résistant, est fabriqué en respectant un rapport eau/ciment de 0,56 et une teneur en air plus faible. C'est ce dernier type de béton qui fut utilisé pour la construction des culées. Les conséquences de ce choix sont discutées au chapitre 5.

2.6 Poutres-caissons et travée centrale

La travée centrale représente la partie de la structure qui s'appuie sur les chaises des culées est et ouest et qui forme l'essentiel de la voie au-dessus de l'autoroute sur laquelle circulent les véhicules dans l'axe est-ouest. Cette portion du viaduc est constituée de deux séries de dix poutres-caissons préfabriquées en béton précontraint.

¹⁴ Ce point a fait l'objet d'un consensus entre les différents experts : pièce COM-72 (point 1.7).

**Étapes 1 et 2 :**

les 10 poutres-caissons formant une moitié de la travée sont déposées sur les appuis.

Étape 3 :

les 20 poutres-caissons des deux moitiés de la travée centrale sont en place.

Étapes 4 et 5 :

la précontrainte transversale du tablier, montrée ici schématiquement, est appliquée par la mise sous tension des torons insérés dans les diaphragmes des poutres-caissons. Un coulis de ciment est injecté autour des torons et dans les clés de cisaillement pour rendre les poutres solidaires entre elles.

Étape 6 :

la dalle mince qui recouvre les poutres du tablier est bétonnée. Elle sera éventuellement recouverte d'une membrane d'étanchéité et d'un enrobé bitumineux. On ajoute les accessoires, tels les trottoirs avec leur garde-corps, la bande médiane et les lampadaires.

Figure 2.15 Séquence de construction de la partie centrale du tablier¹⁵

¹⁵ Pièce COM-2, p. 47, 51, 52 et 58

Une poutre-caisson est une poutre évidée, ce qui a l'avantage de réduire le poids de la travée centrale. La figure 2.14 illustre la géométrie d'une poutre-caisson individuelle¹⁶.

Par rapport au centre des assises, les poutres-caissons mesurent chacune 27,9 m de longueur (90'), 1,07 m de hauteur (3' 6") et 1,22 m de largeur (4'). Au centre du viaduc, entre les deux séries de dix poutres, il y avait un espace de 438 mm (1' 5¼").

Comme on l'a mentionné plus haut, le béton est un matériau très résistant lorsqu'il travaille en compression, mais peu résistant lorsqu'il est soumis à des tractions. Or, les charges qui s'appliquent normalement sur un pont – dont le poids du tablier et celui des véhicules qui y circulent – créent des contraintes en *traction* dans certaines parties des poutres-caissons. Afin de leur donner la résistance nécessaire, le béton des poutres-caissons est précontraint. Autrement dit, il est soumis à une forte compression à l'aide de câbles d'acier (les torons) intégrés à leur structure et tendus à une force de 129 kN (28 900 lb). Cette précontrainte longitudinale des poutres-caissons est donc appliquée par pré-tension, au moment de leur fabrication.

La figure 2.15 illustre la séquence de construction de la partie centrale du tablier. Les deux séries de dix poutres sont retenues entre elles dans la direction transversale par des câbles ou torons insérés dans des manchons prévus dans les trois diaphragmes des poutres-caissons. Ces torons sont insérés et mis sous tension après la mise en place des poutres. La précontrainte transversale est donc appliquée par post-tension après la mise en place sur le pont.

Les rainures longitudinales des poutres-caissons sont remplies d'un coulis de ciment qui forme une clé de cisaillement entre ces éléments.

Enfin, une dalle de béton de 90 mm (3 ½") est mise en place sur les poutres-caissons. Elle est ensuite recouverte d'un enduit de mastic bitumineux, puis d'un revêtement bitumineux d'une épaisseur nominale de 64 mm (2 ½").

¹⁶ Pièce COM-62, p. 10.

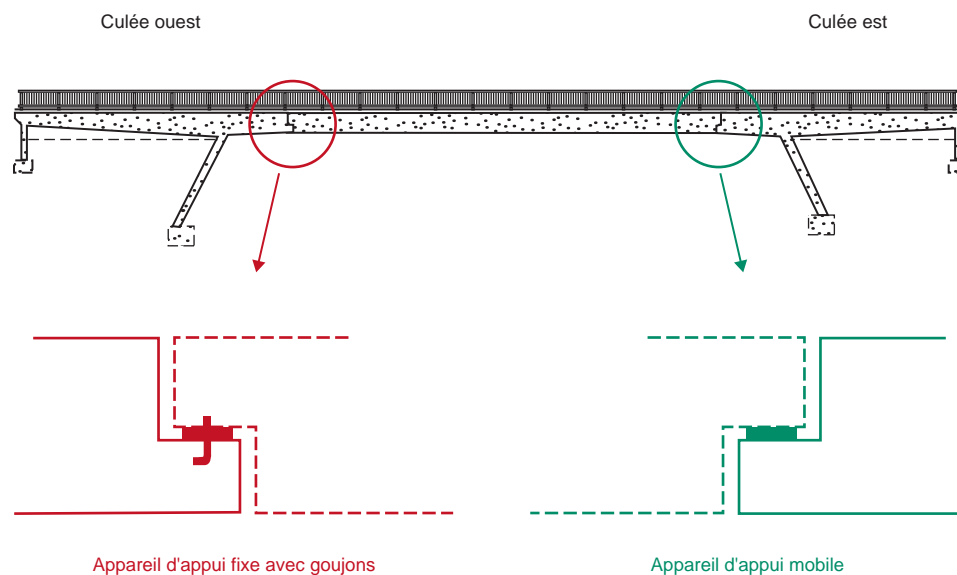


Figure 2.16 Appareils d'appui des culées est et ouest

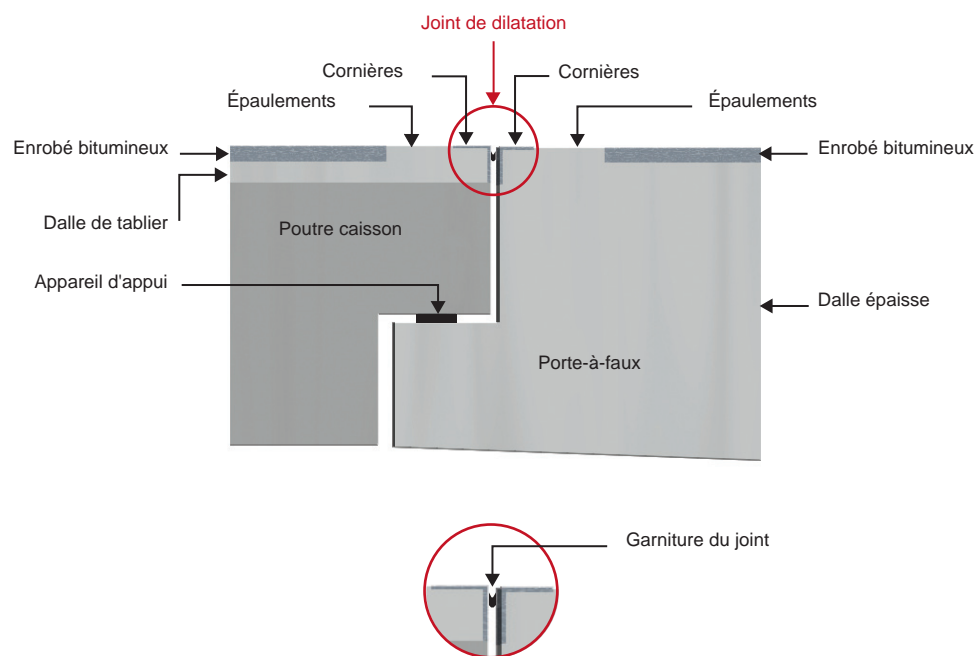


Figure 2.17 Schéma illustrant la position du joint de dilatation au-dessus de la chaise

Comme l'illustre la figure 2.16, à leurs extrémités est et ouest, les poutres reposent sur l'assise de la chaise, par l'intermédiaire d'un appareil d'appui en élastomère fretté. Cet appareil est constitué d'un coussin de néoprène de 152 × 356 × 25 mm (6" × 14" × 1") renforcé par une plaque d'acier, appelée frette, de 2,4 mm (3/32") d'épaisseur. La surface des assises est légèrement inclinée pour faciliter l'évacuation de l'eau.

Des goujons de 19 mm (¾") sont ensuite introduits au centre des appareils d'appui de la culée ouest, ce qui fixe définitivement la position des poutres-caissons de ce côté. Les mouvements de dilatation des poutres-caissons induits par les variations de température sont alors reportés vers le joint de dilatation de la culée est¹⁷.

2.7 Membrane

Lors de la construction du viaduc de la Concorde, le devis spécifiait qu'une membrane de type 1, composée d'une couche de mastic bitumineux, devait être appliquée sur le tablier pour assurer une meilleure étanchéité. À l'époque de la construction du viaduc, on installait rarement une membrane de meilleure qualité et le devis correspondait aux pratiques du temps. Dans le mémoire qu'il a déposé, le MTQ indique que cette membrane n'avait probablement jamais été posée puisque les travaux effectués en 1992 n'en ont jamais révélé la trace¹⁸. Lors des travaux de 1992, le devis prévoyait l'installation d'une membrane de type 3, ce qui correspondait alors aux meilleures pratiques. Or, durant les travaux de démolition et d'expertise sur divers blocs de béton, il a été établi qu'on n'avait pas installé de membrane de type 3 et que seule une membrane liquide ou un liquide bitumineux d'amorçage avait été posé. Cette question est approfondie aux chapitres 4 et 5.

2.8 Remarques quant à la nature particulière de cet ouvrage

Pour l'époque, la conception du viaduc de la Concorde était innovatrice, du moins en Amérique du Nord. Elle comportait certains avantages, mais on lui découvrit à la longue de réels inconvénients. Les raisons qui ont motivé ce choix sont présentées au chapitre 4 et les conséquences qui en découlent, au chapitre 5.

Un pilier central aurait exigé une emprise supplémentaire et restreint la visibilité dans ce tronçon d'autoroute en courbe. L'utilisation de poutres-caissons en béton précontraint permettait de franchir l'autoroute d'une seule portée, sans appui intermédiaire. On obtenait ainsi un tablier mince et élégant, qui réduisait au minimum la profondeur d'excavation nécessaire à l'implantation de l'autoroute en tranchée.

Par ailleurs, les poutres-caissons reposent sur des chaises situées à l'extrémité des porte-à-faux, directement en-dessous des joints de dilatation (figure 2.17). Or, ces joints sont des pièces vulnérables qui, une fois endommagées, perdent souvent leur étanchéité, ce qui favorise l'accumulation de l'eau, de sels fondants et de débris sur la chaise. La vulnérabilité est d'autant plus importante qu'il est impossible d'inspecter et d'entretenir

¹⁷ Pièce COM-2, p. 42 et 43.

¹⁸ Annexe 15.

Chapitre 2 L'ouvrage, tel que conçu et tel que construit

ces assises sans soulever le tablier. Cette opération aurait nécessité l'interruption de la circulation aussi bien sur le boulevard de la Concorde que sur l'autoroute 19. Les joints de dilatation et les chaises constituent de ce fait une zone critique sur ce type d'ouvrage.

CHAPITRE 3

3. LES CIRCONSTANCES ENTOURANT L'EFFONDREMENT

3.1 Observations des témoins oculaires avant l'effondrement¹

Le samedi 30 septembre 2006, vers 12 h 30, le tablier sud du pont d'étagement situé à l'intersection du boulevard de la Concorde et de l'autoroute 19, à Laval s'est effondré. La chute soudaine de ce viaduc, a causé la mort de cinq personnes et infligé des blessures à six autres. Les pages qui suivent décrivent les circonstances de l'effondrement, telles qu'elles ont été mises en preuve par les principaux témoins de cet événement ou par les personnes qui ont participé aux premiers secours, à la sécurisation du site et au déploiement des mesures de sécurité. Une chronologie détaillée des faits marquants apparaît au synopsis de l'intervention policière².



Figure 3.1 Partie effondrée du viaduc de la Concorde³

La Commission a reçu de nombreux commentaires de la part de citoyens affirmant avoir constaté certains défauts ou diverses particularités, ou encore avoir été témoins de divers événements, avant l'effondrement du viaduc de la Concorde. Les commissaires ont entendu en audience un certain nombre de ces personnes. Ils ont tenu compte de ces témoignages dans leur évaluation de l'état du viaduc et dans l'établissement de la séquence des événements.

Toutefois, la Commission tient à rappeler que les indices qui ont été portés à son attention par les témoins ne constituaient pas nécessairement des signes typiques d'un risque d'effondrement. En outre, la population ne doit pas conclure que la présence d'indices identiques sur d'autres ouvrages signifie qu'ils pourraient s'écrouler.

¹ La majorité des témoignages dont il sera question aux sections 3.1 à 3.5 sont regroupés à l'Annexe 8 et à la pièce COM-15.

² Pièce COM-11, p. 5.

³ Pièce COM-1A, p. 6.

3.1.1 Flaque d'eau

Ainsi, M. Guy Gironne a souvent constaté la présence d'«une bonne flaque» d'eau du côté sud-est du viaduc, vis-à-vis du joint de dilatation et ce, même en hiver⁴.

3.1.2 Morceaux de béton

Plusieurs citoyens ont rapporté la présence sur l'autoroute 19 de morceaux de béton qui se seraient détachés de l'ouvrage le jour de l'effondrement. Vers 9 h, le véhicule de M. Patrick Bélanger reçoit «plusieurs petites roches» alors qu'il circule sous le viaduc de la Concorde en direction sud. Le bruit fort laisse croire qu'il s'agit de roches passablement grosses. Vers 10 h 40, M^{me} Annie Deveault, dont le véhicule circule cette fois en direction nord, connaît la même mésaventure. Elle constate aussi la présence d'une «bonne quantité de petites roches éparpillées sur la route». Dans les deux cas cependant, ces personnes sont incapables de dire si les « roches » proviennent du viaduc ou si elles sont projetées par une camionnette qui les précède.

Entre 10 h 30 et 11 h, M. Claude Simard roule en direction sud sur la voie de droite de l'autoroute 19 lorsque sa voiture heurte un morceau de béton à une distance qu'il évalue à « environ 18 pieds » au nord du viaduc. Il s'arrête, constate un léger dommage à l'un de ses enjoliveurs, ramasse un morceau de béton « d'environ cinq ou six pouces par trois pouces et demi » qui s'égrène et qu'il a jeté plus loin. Il n'a pu déceler l'endroit de la structure d'où provenait ce fragment. Il remarque cependant que la voie de droite est anormalement granuleuse.

Vers 11 h 20, M. Dave Ferrara circule en direction nord dans la voie du centre de l'autoroute 19. Arrivé à environ 50 à 100 mètres du viaduc, il voit un morceau de béton qu'il estime à environ trois pieds de long par un pied et demi de large se détacher du tablier du côté sud-est avant de s'abattre sur l'accotement. Toutefois, lors de son témoignage, lorsqu'il observe la photo du morceau de béton ramassé par le surveillant routier⁵ vers 11 h 45 et qui a ensuite été remis à la Sûreté du Québec, (la « SQ ») il affirme que ce fragment ne correspond pas à celui qu'il a vu tomber, car il est beaucoup trop petit et il n'a pas la même forme.

3.1.3 Dénivellation entre le tablier et l'approche est du viaduc

Plusieurs témoins affirment avoir observé une dénivellation entre le tablier du pont et l'approche est du viaduc.

La semaine précédant l'effondrement, M. Claude Marc-Aurèle, chauffeur de taxi, emprunte le viaduc de la Concorde en direction est dans la voie de droite, lorsqu'il ressent une forte secousse : « quand on conduit, on le voit pas avec précision, mais quand je passais avec le véhicule, on sentait le véhicule, la suspension avant de la roue droite allait cogner complètement au fond comme quand on poigne un bon nid-de-poule ». À une autre occasion, circulant cette fois en direction nord sur l'autoroute 19, il emprunte la sortie menant au boulevard de la Concorde et

⁴ G. Gironne, Transcription, 10 avril 2007, p. 166 et suivantes.

⁵ Pièce COM-1A, p. 40.

durant la période d'attente au feu de circulation, il constate que la main courante présente une dénivellation de deux à trois pouces.

Le 21 septembre, alors qu'il emprunte lui aussi la rampe de sortie de l'autoroute 19 Nord, M. Jean-François Blanchette, technologue en génie civil, dit avoir remarqué sur la surface extérieure de la structure que le joint de dilatation du côté sud-est est particulièrement dilaté, créant un espace d'environ 10 cm. Il n'observe cependant ni affaissement, ni fissures qui auraient pu attirer son attention.

Le 29 septembre, vers 16 h, M^{me} Patricia Paquette affirme avoir constaté une dénivellation de deux à trois pouces au niveau du joint de dilatation du côté est, lui laissant l'impression que le tablier du viaduc se trouve plus bas que la route elle-même. Le même jour, vers 20 h 30, M. Gérard Branchaud affirme avoir constaté un affaissement du tablier d'environ deux à trois pouces du côté ouest à la hauteur du joint de dilatation.

Le jour de l'effondrement, vers 12 h 30, M. Julien Saint-Pierre circule en direction est sur la voie de droite du boulevard de la Concorde lorsqu'il constate une «*dénivellation positive*» (rehaussement) de la chaussée au niveau du joint de dilatation. Afin d'éviter d'endommager son véhicule, il doit pratiquement l'immobiliser et passer à vitesse réduite. Dans sa déposition aux policiers le 2 octobre 2006, il évalue l'importance de cette dénivellation à environ deux à trois pouces. Toutefois, lors de son témoignage devant la Commission, il estime plutôt qu'elle est de l'ordre de quatre à six pouces.

3.1.4 Deux témoignages contredisent ce qui précède

M. André Rochon et M^{me} Dominique Bédard, tous deux techniciens en travaux publics au Centre de services Laval du ministère des Transports du Québec (le « MTQ »), empruntent très régulièrement le viaduc de la Concorde. Ils y ont circulé en direction est le 29 septembre – et aussi, dans le cas de M^{me} Bédard, en direction ouest le 30 septembre vers 8 h 45 – et n'y ont rien remarqué d'anormal ni constaté quelque dénivellation que ce soit.

Constats de la Commission

La Commission a constaté que les pièces principales de la culée est qui ont pivoté lors de l'effondrement se sont détachées à partir d'un plan de rupture passant par le haut du «dossier» de la chaise. Au moment de la rupture, un tel mouvement s'accompagne nécessairement d'un décalage au niveau du joint de dilatation. Toutefois, la Commission ne peut confirmer si la chaussée présentait une dénivellation de part et d'autre du joint de dilatation avant l'effondrement final. Le surveillant routier qui était sur place de 11 h 45 à midi environ n'a remarqué ni saut, ni ralentissement, ni bruit, ni vibration. La preuve démontre la présence d'un nid-de-poule adjacent au joint de dilatation du côté sud-est⁶, causant une dénivellation localisée de la chaussée à cet endroit, ce qui pourrait expliquer les témoignages entendus.

La flaqué d'eau apparaît sur certaines photos d'inspection du viaduc et résulte de l'absence de drainage et d'une pente longitudinale très faible.

⁶ Pièce COM-1A, p. 32.

Par ailleurs, après l'effondrement, la main courante du trottoir est demeurée en place en porte-à-faux au-delà du joint de dilatation du tablier, sans décalage au niveau du joint de dilatation, comme le montrent les photographies⁷. Par conséquent, le décalage rapporté de la main courante ne pouvait être situé vis-à-vis du joint de dilatation sud-est.

3.2 Système de signalement

La Commission a examiné le fonctionnement du système de signalement sous deux angles. D'une part, le service de signalement d'urgence Laval 9-1-1 et, d'autre part, le système de signalement propre au MTQ, relié à son système de surveillance.

3.2.1 Système Laval 9-1-1

La Commission a pris connaissance des enregistrements du système Laval 9-1-1. Le premier appel signalant l'effondrement est enregistré à 12 h 30 min 8 s. Deux autres appels sont reçus dans la minute qui suit et une dizaine d'autres sont enregistrés dans les cinq minutes suivant la chute du viaduc de la Concorde. À 12 h 36 min 40 s, Laval 9-1-1 reçoit un appel de la SQ. Celle-ci confirme la chute du viaduc et indique que les policiers et les pompiers sont en route et que quatre véhicules sont coincés sous le viaduc où un incendie se serait déclaré. À 12 h 38 min 16 s, Laval 9-1-1 reçoit un appel d'Urgences-santé qui veut s'assurer que les pompiers sont bien en route.

3.2.2 Système de surveillance et de signalement du ministère des Transports du Québec⁸

Le viaduc de la Concorde est situé sur le territoire du Centre de services Laval du MTQ. Ce territoire compte une centaine de structures majeures. Il est patrouillé 24 heures par jour, sept jours par semaine, par une équipe de cinq surveillants routiers, dirigés par un chef d'équipe. L'équipe des surveillants relève d'un contremaître, qui était le 30 septembre 2006, M. Jean-Pierre Chabot. Habituellement, il faut deux à trois jours aux surveillants pour patrouiller l'ensemble de leur territoire.

Les surveillants et le contremaître ne sont pas formés pour reconnaître les particularités des différents types de viaducs ; « nous autres, à l'entretien, "des viaducs, c'est des viaducs" » déclare M. Chabot. Quand il est questionné sur le viaduc de la Concorde, M. Chabot affirme n'avoir jamais été informé de ses particularités ou reçu d'instructions spéciales leur demandant d'être attentifs à certains points. Les surveillants ne reçoivent pas la totalité des rapports d'inspection des ouvrages. Seules les parties touchant leur travail – par exemple, l'entretien mineur requis ou la présence de béton délaminé à faire tomber – leur sont communiquées.

⁷ Pièce COM-1A, p. 28 et Pièce COM-1B, p. 5.

⁸ J.-P. Chabot, Transcription, 11 avril 2007, p. 165 à 197.

Lorsqu'un surveillant constate une anomalie d'apparence mineure, par exemple un objet sur la chaussée ou un nid-de-poule demandant réparation, il procède de lui-même sans en informer le contremaître et il remplit ensuite un rapport. Toutefois, si l'anomalie risque de compromettre la sécurité des personnes ou menace la fluidité de la circulation à l'heure de pointe, le surveillant communique avec le contremaître, qui se rend alors sur les lieux. Le contremaître est disponible en tout temps, même lorsqu'il n'est pas de service.

Par ailleurs, le *Guide du surveillant routier* comporte des indications précisant les personnes à contacter dans certaines situations d'urgence⁹. Selon M. Chabot, les surveillants assistent deux fois l'an à une séance de mise à jour d'une durée de deux à trois heures au cours de laquelle le contenu du guide est passé en revue.

Un surveillant a le pouvoir de fermer une route s'il l'estime nécessaire. Il procède de son propre chef dans le cas d'une voie de circulation ordinaire, mais, dans le cas d'une autoroute, il doit communiquer avec le Centre de télécommunications du MTQ (le « CDT ») qui, ensuite, demande l'assistance de la SQ.

Constat de la Commission

La Commission est d'avis que les systèmes de signalement Laval 9-1-1 et du MTQ ont fonctionné efficacement.

3

3.3 Surveillant routier

Le surveillant routier vérifie l'état du réseau, enlève les débris qu'il trouve à l'intérieur de l'emprise des routes, rapporte toute anomalie et remplit les rapports pertinents¹⁰. Idéalement, l'ensemble du territoire doit être ainsi patrouillé quotidiennement¹¹. De par ses fonctions et sa formation, il n'est pas qualifié pour repérer les anomalies structurales ; cette tâche incombe aux ingénieurs et techniciens du MTQ affectés à l'inspection des ouvrages au sein de ses directions territoriales¹².

Le samedi 30 septembre 2006, M. Jules Bonin remplace le surveillant routier habituel. Vers 11 h 26¹³, alors qu'il patrouille sur l'autoroute 640, il reçoit un appel du CDT l'informant de la chute de morceaux de béton «*du viaduc avant la Concorde*»¹⁴. Depuis l'autoroute 640, il emprunte immédiatement la route 335 en direction sud – qui devient l'autoroute 19 – pour se rendre jusqu'à Montréal et reprendre l'autoroute 19 Nord à partir du boulevard Henri-Bourassa. Il inspecte en premier lieu les abords du viaduc Lévesque, puis ceux du passage piétonnier de la rue Rochefort, avant d'arriver au viaduc de la Concorde, vers 11 h 45.

⁹ Pièce COM-4, p. 21, 22, 32, 79 et 80.

¹⁰ Pièce COM-4, p. 3 et 20 à 24.

¹¹ J. Bonin, Transcription, 11 avril 2007, p. 63 et 64.

¹² J. Bonin, Transcription, 11 avril 2007, p. 48 à 50 et 121 à 141.

Voir aussi J.-P. Chabot, Transcription, 11 avril 2007, p. 199.

¹³ Heure indiquée au rapport de requête, Pièce COM-5, p. 40. Pour le même appel, le rapport d'enregistrement des appels du CDT indique 11 h 28, Pièce COM-5, p. 37.

¹⁴ J. Bonin, Transcription, 11 avril 2007, p. 70 et 71.

Sur la ligne blanche qui délimite l'accotement du côté sud-est du viaduc, il constate la présence d'un morceau de béton grossièrement triangulaire et mesurant environ 18 pouces de long par 7 pouces de large. Il trouve également une vingtaine de fragments de la taille d'une balle de golf. Il place le morceau de béton dans la boîte de sa camionnette et ramasse en une seule pelletée les autres débris pour les jeter derrière la glissière de sécurité. Lors de son témoignage, M. Bonin a reconnu le morceau de béton principal sur les photos prises par la SQ (figure 3.2)¹⁵.



Figure 3.2 Bloc de béton ramassé par M. Bonin

Pour M. Bonin, ce morceau de béton est un «*débris ordinaire*»¹⁶, semblable à ceux qu'il ramasse près de diverses structures, environ une fois par mois selon son souvenir. Les voitures circulent normalement sur le viaduc. Il ne remarque ni saut, ni ralentissement, ni bruit, ni vibration particulière durant les 15 minutes qu'il passe sur les lieux et aucun autre morceau de béton ne tombe. La main courante du garde-corps est au même niveau de part et d'autre du joint de dilatation.

Il photographie le trou (figure 3.3) et marche sous le viaduc du côté nord-est afin de vérifier si d'autres morceaux de béton sont tombés. Il fait également une inspection visuelle du côté ouest du viaduc, mais il ne décèle rien d'anormal. Au-delà du trou visible sur la face extérieure de la culée, il ne soupçonne rien de particulier. Il n'a jamais pensé que le pont pourrait s'effondrer dans les heures suivantes¹⁷.

¹⁵ Pièce COM-1A, p. 37 à 39. Voir aussi J. Bonin, Transcription, 11 avril 2007, p. 93 à 97.

¹⁶ J. Bonin, Transcription, 11 avril 2007, p. 102.

¹⁷ J. Bonin, Transcription, 11 avril 2007, p. 103, 104, 109, 124 et 151.



Figure 3.3 Trou et fissure dans la culée est, photographiés par M. Bonin entre 11 h 45 et 12 h, le 30 septembre 2006

Pourtant, M. Bonin remplit un rapport d'anomalie où il écrit «*À faire inspecter au PC*»¹⁸ (une adaptation écrite d'une expression verbale courante signifiant une urgence certaine). C'est la première fois qu'il demande qu'un pont soit inspecté et lors de son témoignage devant la Commission, il précise qu'il voulait être certain que l'inspection «*se ferait le lundi suivant*»¹⁹.

Selon lui, le trou laissé derrière par la chute du morceau de béton, prolongé de part et d'autre par une fissure, mérite d'être inspecté compte tenu de son positionnement sur l'ouvrage. Il est inquiet de constater que le béton semble être tombé de lui-même et qu'un autre morceau jouxtant le trou laissé sur la culée semble vouloir se détacher également. Ce n'est pas le pont lui-même qui l'inquiète, mais cette «*galette*» qui semble prête à tomber sur l'accotement, elle aussi. Il ne juge pas nécessaire de prévenir son contremaître, joignable ce jour-là par son appareil cellulaire²⁰.

À 12 h, selon le rapport d'enregistrement des appels du CDT, M. Bonin quitte les lieux après avoir ramassé le morceau de béton, rempli son rapport, demandé une inspection et pris une photo²¹. Vers 12 h 35, il reçoit un nouvel appel du CDT l'informant que d'autres morceaux de béton viennent de tomber. Vers 12 h 40, alors qu'il fait de nouveau route vers le viaduc de la Concorde, le CDT l'informe que le viaduc s'est effondré. Il arrive sur les lieux à 12 h 55. Il confirme l'effondrement au CDT et les informe que l'autoroute 19 devrait être fermée pour une durée indéterminée. Il communique alors avec son contremaître, M. Jean-Pierre Chabot, qui lui demande d'apporter le morceau de béton au Centre de services de Laval et qui lui recommande aussi de rédiger une déclaration²².

¹⁸ Pièce COM-5, p. 35.

¹⁹ J. Bonin, Transcription, 11 avril 2007, p. 122.

²⁰ J. Bonin, Transcription, 11 avril 2007, p. 104, 108, 124, 125 et 129 à 131.

²¹ Pièce COM-5, p. 37.

²² Pièce COM-5, p. 38. La déclaration de M. Bonin à la Sûreté du Québec se trouve à la Pièce COM-5, p. 33. Voir aussi J. Bonin, Transcription, 11 avril 2007, p. 110 à 112 et 148 à 149, ainsi que J.-P. Chabot, Transcription, 11 avril 2007, p. 181.

Constat de la Commission

Le surveillant routier n'a pas pour fonction de déceler les anomalies structurales. Il doit tout au plus signaler dans ses rapports l'origine des débris qu'il ramasse sur la route et photographier la structure si elle en est effectivement la source. De l'avis de la Commission, M. Bonin a réagi correctement avant et après l'effondrement. Il a produit un rapport d'anomalie en demandant une inspection le plus tôt possible, n'étant lui-même pas qualifié pour évaluer la structure, malgré les dommages qu'il a constatés à la culée.

3.4 L'effondrement causant morts et blessés²³

Les cinq personnes décédées se trouvaient dans deux véhicules circulant en direction sud sous le viaduc au moment de l'effondrement. Dans l'un des véhicules se trouvaient M. Jean-Pierre Hamel, sa conjointe M^{me} Sylvie Beaudet et son frère, M. Gilles Hamel. Dans l'autre véhicule se trouvaient M. Mathieu Goyette et sa conjointe M^{me} Véronique Binette, alors enceinte. Quant aux personnes blessées, elles circulaient toutes à bord de leur véhicule sur le viaduc et se dirigeaient vers l'est au moment de l'effondrement.

M. Paul Cousineau et sa conjointe, M^{me} Louise Bédard, circulaient dans leur Toyota Corolla sur le boulevard de la Concorde en direction est. Au volant de son véhicule, M. Cousineau n'a remarqué aucune dénivellation en s'engageant sur le viaduc. Il s'avancé sur le tablier, dans la voie de gauche et s'apprêtait à emprunter la voie d'accès à l'autoroute 19 en direction nord. C'est alors qu'il a entendu un «*grand fracas*» et ressenti un «*sentiment de vide*». M^{me} Bédard, pour sa part, fouillait dans son portefeuille au moment de l'événement et a senti la voiture tomber et frapper le mur de béton sous le viaduc du côté est. Un bloc de béton a fracassé le pare-brise pour s'arrêter à 30 centimètres de la tête de la passagère. M. Cousineau éprouvait une telle douleur au dos qu'il ne pouvait pas sortir du véhicule, alors que M^{me} Bédard était coincée dans l'habitacle; ce sont des citoyens qui les ont aidés à s'extirper du véhicule et à s'éloigner.

M^{me} Anne-Marie Leblanc était passagère d'une Honda Civic conduite par son conjoint, M. Robert Hotte. Elle affirme que leur voiture circulait à environ 60 km/h en direction est. Elle a d'abord cru que la route devant eux montait, avant de réaliser que c'était plutôt leur voiture qui descendait au moment où le tablier s'affaissait. M. Hotte n'a remarqué aucune vibration ni aucun signe avant-coureur de la chute soudaine. Il affirme que le viaduc a subi une cassure nette, d'un seul bloc. Le véhicule s'étant incliné vers l'avant, sans déviation vers la gauche ni vers la droite, il en a déduit que la culée est aurait cédé en premier, mais il déclare aussi que tout le tablier est tombé en même temps. Leur voiture a percuté le mur de béton sous le viaduc et s'est renversée sur le côté droit. Deux jeunes hommes les ont aidés à sortir par la portière du conducteur et à s'éloigner.

M. Mohamed Ashraff Umerthambi circulait dans sa camionnette sur le boulevard de la Concorde en direction est à environ 40 km/h lorsque le tablier s'est affaissé. Il s'est senti tomber, croyant d'abord à un tremblement de terre. Il y avait beaucoup de poussière et de fumée. Il dit avoir entendu le viaduc tomber, ce qui a fait un grand bruit, mais il ne l'a pas vu s'effondrer. Il est resté coincé dans son véhicule et au bout de trois minutes, des citoyens l'ont aidé à en sortir.

²³ Tous les témoignages relatés à la section 3.4 sont tirés des Pièces COM-16 et COM-12 e) à j).

M. Claude Bastien circulait à moto sur le boulevard de la Concorde en direction est. Il s'est réveillé à l'hôpital sans aucun souvenir de l'effondrement. Il était resté coincé par son casque dans les décombres avant d'être secouru.

3.5 L'effondrement raconté par les témoins oculaires

Plusieurs témoins oculaires sont venus raconter ce qu'ils ont vu et entendu au moment de l'effondrement. Il ressort de ces témoignages une certaine confusion quant à la séquence exacte de l'événement, le seul point commun étant son extrême rapidité, tous parlant de fractions de seconde.

Ainsi, M. Michel Beaupré circulait sur l'autoroute 19 en direction nord. Selon lui, le côté ouest se détache en premier, suivi par le côté est une fraction de seconde plus tard. M. Claude Girard, qui roulait dans la même direction, remarque à deux reprises une vibration sur la partie supérieure ouest du garde-corps, donnant l'impression que le parapet s'avavançait du côté ouest. Il voit le côté ouest tomber en premier, le centre et l'est restant suspendus une fraction de seconde avant de s'effondrer à leur tour.

Circulant sur l'autoroute 19 en direction sud, M. Menasse Cameus observe que le côté sud-est tombe une fraction de seconde avant le côté sud-ouest. Selon M. Denis Lebœuf, qui circulait aussi sur l'autoroute 19 en direction sud, le côté est commence à tomber en premier, suivi du côté ouest, les deux côtés s'écroulant ensuite en un seul bloc. M. Pasqualino Simeone roulait également sur l'autoroute 19 en direction sud. Il affirme avoir vu le tablier du côté est tomber et la partie ouest rester suspendue une fraction de seconde avant de s'effondrer à son tour.

Constats de la Commission

La Commission retient que la chute jusqu'au sol du tablier du viaduc de la Concorde s'est produite en une fraction de seconde, dès que la travée centrale eut perdu son appui sur la culée qui venait de se fracturer. Les expertises révèlent que le tablier a touché le sol du côté est d'abord, laissant une marque dans la chaussée de l'autoroute. La fracture s'est arrêtée au centre de la culée est, près de l'axe du viaduc, et la chaise s'est tordue à cet endroit, laissant le tablier sud s'effondrer, comme le montrent diverses photos prises après l'effondrement. La chute de la moitié sud du tablier n'a donc pas entraîné celle de sa moitié nord. Après être tombé d'un seul bloc, le tablier sud s'est fracturé à mi-portée en heurtant la glissière en béton séparant les voies nord et sud de l'autoroute²⁴. La culée ouest, quant à elle, est demeurée pratiquement intacte.

3.6 Secours et sécurisation du périmètre

Les tout premiers secours furent apportés par des citoyens présents sur les lieux ou arrivés immédiatement après l'effondrement. La Commission souligne le sens civique exemplaire et le courage manifesté par ces personnes. Plusieurs victimes ont témoigné de leur propre crainte et de celles de leurs sauveteurs, de voir l'effondrement se poursuivre. C'est d'ailleurs cette

²⁴ Pièce COM-1A, p. 10 et 14.

inquiétude qui incite les sauveteurs à vouloir soustraire les victimes de leurs véhicules et à les éloigner sans attendre l'arrivée des services de secours.

3.6.1 Service des incendies de la Ville de Laval²⁵

Le Service des incendies de la Ville de Laval a mobilisé une vingtaine de pompiers, trois autopompes et deux véhicules de protection. L'intervention était coordonnée par M. Guy Archambault, chef des opérations.

Lors de son arrivée, M. Archambault constate la présence de plusieurs véhicules d'Urgences-santé. Il établit un poste de commandement sur l'autoroute 19, au nord du viaduc. Il constate la présence de deux voitures écrasées sous la structure d'où se dégage de la fumée. À l'extrémité est du tablier effondré, sur la structure, il remarque la présence de trois voitures accidentées ainsi que celle du motocycliste, lequel est inconscient. Fort d'une expérience similaire vécue à l'occasion de l'effondrement du viaduc du Souvenir, il commande de puissantes grues et fait appel au service des «taupes» de la Ville de Montréal, spécialistes des milieux fermés ou restreints, afin d'obtenir une évaluation de la structure avant de s'y aventurer. Il attend l'arrivée d'un ingénieur en travaux publics de la Ville de Laval qui devra déterminer si la structure restante est stable. Toutefois, dans l'immédiat, de concert avec un collègue présent sur les lieux, il décide d'intervenir rapidement afin de secourir les victimes toujours coincées dans les voitures.

M. Daniel Hillman, du Service des incendies de la Ville de Laval, prend charge du périmètre et met en place la structure d'opération requise pour dégager les victimes. Les policiers de Laval, ceux de la SQ et les pompiers collaborent afin de porter secours aux victimes. À l'arrivée des grues, pompiers et grutiers ceinturent les poutres avec des câbles d'acier afin de les soulever pour dégager les voitures coincées et les transfèrent au garage municipal Cunard.

3.6.2 Sûreté du Québec²⁶

Vers 12 h 31, la SQ reçoit un appel d'urgence et deux agents se rendent sur les lieux en compagnie d'un sergent superviseur. La scène de l'effondrement est sécurisée par la SQ. Elle englobe les deux voies d'accès à l'est et à l'ouest du boulevard de la Concorde, la structure du viaduc effondré ainsi que le tronçon de l'autoroute 19, qui est fermé à toute circulation dès 13 h 10 dans les deux directions.

M. Bernard Ouellet, technicien reconstitutionniste de la SQ, arrive sur les lieux vers 15 h 25. Il constate que le système de sécurité est en place et que les policiers, les ambulanciers ainsi que les grues sont arrivés²⁷. En attendant les instructions des officiers, il prend des photos de la scène. Le Service des enquêtes des collisions en prend plus de 1 299 et le Service d'identité judiciaire quelques centaines.

²⁵ G. Archambault, Transcription, 11 avril 2007, p. 214 à 222; mention du travail effectué par M. Daniel Hillman, chef de la division Opérations Incendies, officier responsable, lors du témoignage de M. P. St-Onge, Transcription, 11 avril 2007, p. 236. Voir également la Pièce COM-10 décrivant l'ensemble des interventions du Service des incendies de la Ville de Laval concernant cet événement.

²⁶ P. St-Onge, Transcription, 11 avril 2007, p. 222 à 249. Voir également les Pièces COM-11 et COM-11A décrivant l'ensemble des interventions de la Sûreté du Québec concernant cet événement.

²⁷ B. Ouellet, Transcription, 11 avril 2007, p. 251 à 266.

M. Pierre St-Onge, sergent-enquêteur, arrive sur les lieux entre 15 h et 15 h 30 et devient l'enquêteur chargé de l'événement²⁸. Vers 17 h, le D^r Michel Trudeau est nommé coroner au dossier²⁹. Les officiers font appel aux groupes d'intervention de la SQ afin de porter assistance aux pompiers. Un de ces groupes est muni d'une caméra à fibre optique permettant d'observer sous les structures. Le Service d'identité judiciaire travaille en collaboration avec le sergent-détective Martin Cossette.

La première journée, afin de dégager les véhicules coincés, on retire 15 ou 16 portions de poutres. À la demande de M. Jacques Marchand, ingénieur expert agissant alors sous mandat de la SQ, chaque poutre est photographiée, identifiée, numérotée, pesée et marquée avant d'être enlevée. Les poutres sont transportées sous escorte policière jusqu'au site d'entreposage de la rue Belgrand, à Laval. D'autres blocs plus petits sont traités selon le même protocole. Ils sont tous marqués au sol afin de pouvoir être repositionnés à partir d'un plan intégré au synopsis d'intervention policière³⁰.

Des agents de la SQ rencontrent une cinquantaine de témoins dans les 24 heures suivant l'effondrement, incluant les témoins oculaires, les personnes ayant porté secours aux victimes et celles qui ont constaté des faits qui leur semblaient inhabituels dans les jours précédant l'effondrement. Certaines de ces personnes rendront témoignage devant la Commission. La SQ vérifie notamment une rumeur, qui s'avère non fondée, voulant qu'un camion ait percuté le viaduc de la Concorde la veille de l'effondrement. En fait, le camion avait heurté un panneau de signalisation à l'intersection des autoroutes 19 et 440. La SQ vérifie aussi auprès de Ressources naturelles Canada l'absence de secousses sismiques dans les jours précédant l'effondrement, ainsi que l'absence de dynamitage à la carrière Saint-Martin, située à environ 2,8 kilomètres du viaduc de la Concorde.

3.7 Ministère des Transports du Québec³¹

3.7.1 Mesures d'urgence et repérage des structures à risque

La procédure générale du MTQ en cas d'incident majeur prévoit l'envoi de deux ingénieurs sur les lieux. Ces derniers sont assistés d'une équipe technique mise en place par la Direction des structures du Ministère qui voit à compléter les expertises et les calculs requis. De fait, une équipe de trois spécialistes du MTQ est dépêchée sur les lieux dès la fin de l'après-midi du 30 septembre, avec trois préoccupations majeures : sécuriser le site, instaurer des mesures d'atténuation quant à la circulation et ouvrir un centre des mesures d'urgence.

À Québec, la sous-ministre adjointe, M^{me} Anne-Marie Leclerc, est prévenue de l'effondrement dès 12 h 45, le 30 septembre. Elle mobilise immédiatement une équipe de la Direction des structures, dont le directeur, l'ingénieur Guy Richard. L'équipe passe en revue le dossier du viaduc de la Concorde, lequel contient notamment une référence à une inspection spéciale effectuée le

²⁸ L'organigramme de la structure de responsabilités entourant l'enquête est reproduit à la Pièce COM-11, p. 4.

²⁹ Le coroner a déposé son rapport sur les causes des décès le 11 mars 2007, Pièce COM-11 (des pages ont été soustraites du rapport, Pièce COM-11.)

³⁰ Pièce COM-11, p. 29.

³¹ Cette section repose essentiellement sur les témoignages de M^{me} Anne-Marie Leclerc et de M. Guy Richard, Transcription, 12 avril 2007, p. 129 et suivantes.

15 juillet 2004 par l'ingénieur Christian Mercier, de la Direction des structures. Cette inspection s'est déroulée à la suite d'une demande d'assistance technique formulée par l'inspecteur Gilbert Bossé, également ingénieur, employé de la Direction territoriale de Laval-Mille-Îles.

Soucieuse de s'assurer qu'aucun autre ouvrage ne puisse subir une rupture aussi rapide, voire représenter un quelconque risque à cet égard, l'équipe s'affaire à identifier les autres structures présentant des détails de conception similaires. La réaction immédiate du MTQ forme alors le noyau de ce qui deviendra un plan d'intervention, désigné comme le Plan d'action du Ministère dont il sera question au chapitre 5.

L'équipe analyse les plans et dossiers de l'ensemble des ouvrages sous la responsabilité du Ministère en apportant spontanément une attention particulière aux structures comportant des chaises en travée (voir figure 2.6). On examine alors cet inventaire des structures en fonction des critères suivants :

- Structures construites avant 1986 (puisque M. Richard, arrivé au MTQ en 1986, savait qu'aucune structure dotée d'une assise en chaise n'avait été construite depuis au moins cette année-là);
- Ponts comportant un minimum de trois travées (au sens de l'inventaire du système d'inspection utilisé par le MTQ) afin de repérer des structures comportant des porte-à-faux;
- Ponts à dalle épaisse en béton (armé ou précontraint, dalle pleine ou évidée);
- Ponts à poutres-caissons en béton (armé ou précontraint);
- Ponts à poutre pleine en béton (armé ou précontraint préfabriqué ou coulé en place);
- Ponts à béquille;
- Portiques.

L'équipe repère et examine ainsi quelque 1 066 dossiers de ponts. Dès le lendemain de l'effondrement, les ingénieurs du Ministère ont identifié 16 ponts comportant des points communs avec le viaduc de la Concorde, dont le viaduc de Blois. Le Ministère donne instruction à ses directions territoriales d'inspecter immédiatement ces structures et de vérifier si d'autres ponts comportent des détails semblables. De fait, les directions territoriales identifient deux ouvrages additionnels présentant aussi les caractéristiques recherchées. Les inspections réalisées sur ces 18 structures les 1^{er} et 2 octobre 2006 permettent au MTQ de conclure, lors d'une conférence de presse tenue le 2 octobre, que seul le viaduc de Blois «*présente des caractéristiques identiques, y compris certains éléments d'endommagement spécifiques*» et que les 17 autres ouvrages ne présentent aucun danger pour les automobilistes³².

Dans les semaines qui suivent, par mesure de sécurité et aussi en fonction d'une meilleure compréhension du rôle joué lors de l'effondrement tant par la chaise que par le porte-à-faux, le MTQ procède à l'évaluation de la capacité portante de chacune des 17 structures. Il recommande également aux directions territoriales de les inspecter annuellement plutôt qu'aux 3 ans, en

³² Pièce COM-6, p. 1. La liste des 18 ouvrages est donnée dans la Pièce COM-6, p. 5.

portant une attention particulière à l'évolution des fissures et de « *modifier le système structural, voire de le remplacer d'ici 5 ans* ».

3.7.2 Viaducs de la rue de Blois, de Joliette et de Saint-Alphonse-de-Granby

Le viaduc de Blois, situé au-dessus de l'autoroute 19 à environ un demi-kilomètre au nord du viaduc de la Concorde, est pratiquement identique à ce dernier. Par mesure de précaution, vers 14 h le jour de l'accident, on ordonne sa fermeture et celle-ci est effective dès 15 h 20. Les culées du viaduc de Blois seront démolies en même temps que celles du viaduc de la Concorde du 21 au 25 octobre 2006³³.

Plus tard, réalisant que le problème ayant entraîné l'effondrement pouvait mettre en cause la dalle épaisse en porte-à-faux plutôt que la chaise, le MTQ porte une attention particulière à un viaduc situé à l'intersection de la route 158 et de l'autoroute 31, à Joliette, ainsi qu'à un ouvrage semblable situé au-dessus de l'autoroute 10 à Saint-Alphonse-de-Granby. Ces deux ouvrages apparaissaient sur la liste des 18 structures inspectées les 1^{er} et 2 octobre.

Dans le cas du viaduc de Joliette, malgré le résultat satisfaisant d'une évaluation de la capacité portante et du détail d'armature selon le Code CSA-S6-2006, le MTQ procède en octobre 2006 à une opération de carottage. Le résultat de l'analyse l'amène à réduire la capacité du pont à 12 tonnes, à renforcer la structure par l'ajout de piles en acier sous les chaises et à demander à la direction territoriale de le remplacer d'ici cinq ans³⁴.

Pour ce qui est de l'ouvrage situé à Saint-Alphonse-de-Granby, sa capacité affichée a été réduite à cinq tonnes, le temps d'achever l'évaluation de la capacité portante et du détail d'armature. Ceux-ci étant jugés satisfaisants, la restriction a été levée, puis rétablie peu après lorsque le carottage a démontré l'existence d'une fissure à l'extrémité du porte-à-faux, près du trottoir³⁵. Le MTQ a recommandé à la direction territoriale de remplacer le pont d'ici 2008 afin de permettre la circulation aux charges légales. Cette recommandation a été devancée puisque le nouveau pont sera vraisemblablement terminé d'ici la fin de 2007. En attendant l'érection du nouveau viaduc, l'ancien a été détruit dans la nuit du 22 au 23 mai 2007.

3.7.3 Ponts sous la responsabilité des municipalités

Le MTQ est propriétaire de 4 900 des quelque 12 000 ouvrages d'art du Québec. Il assume aussi, par le biais de ses directions territoriales, la responsabilité de l'inspection et de l'entretien des ponts des municipalités de moins de 100 000 habitants, pour un total de quelque 9 200 ponts et viaducs. À la demande du Ministère, les directions territoriales ont effectué les vérifications requises en fonction des paramètres identifiés, pour l'ensemble des ponts de ces municipalités. Il s'est avéré qu'aucun ouvrage ne présentait de telles caractéristiques.

Par ailleurs, les municipalités de 100 000 habitants et plus, responsables des ponts situés sur leur territoire, ont été convoquées à une conférence téléphonique le 23 octobre 2006. Par la

³³ Pièce COM-6C, p. 7.

³⁴ La Pièce COM-6B fait état du résultat des observations et des essais réalisés sur les carottes prélevées sur ce viaduc.

³⁵ La Pièce COM-6A fait état du résultat des observations et des essais réalisés sur les carottes prélevées sur ce viaduc.

suite, elles ont reçu une note leur confirmant les éléments techniques à surveiller. En juin 2007, le Ministère communiquera de nouveau avec ces municipalités après qu'il aura été saisi par la Commission du problème que représentent les ponts avec dalle épaisse pleine sans armature en cisaillement. Cette question sera traitée en détail au chapitre 5.

3.7.4 Recherche et conservation de documents³⁶

Dès sa mise sur pied, la Commission a demandé au MTQ de tout mettre en œuvre afin de localiser toute information existante concernant les viaducs de la Concorde et de Blois. Le Ministère a alors procédé à une vérification exhaustive du « fonds d'archives Transports » des Archives nationales du Québec, de même que de tous les dossiers actifs et semi-actifs en sa possession.

Plusieurs documents pertinents ont ainsi été repérés, dont une documentation contractuelle concernant les intervenants concernés, le dossier de réclamation et la plupart des rapports d'inspection de ces deux ouvrages. Une version des plans a été remise par le MTQ, quoique n'étant pas la plus récente, comme cela est expliqué au chapitre 2. Le Ministère a également remis à la Commission d'autres documents à caractère normatif, tels les nombreux manuels guidant le travail de ses inspecteurs et de ses ingénieurs³⁷.

D'autres documents n'ont cependant jamais pu être localisés, par exemple les bordereaux d'armature, l'ensemble des procès-verbaux de réunions de chantier (seuls quelques-uns ont été retrouvés³⁸) et le journal de chantier. Tout porte à croire que ces documents n'ont pas été conservés, puisque le contrat en cause à l'époque ne l'exigeait pas, ou encore qu'ils ont été détruits, conformément aux prescriptions du calendrier ministériel de conservation³⁹.

Par ailleurs, en cours d'audience, il est apparu que certains documents avaient pu être égarés ou mal classés lors de la création des directions territoriales au moment de la réforme en 1993 à l'issue de laquelle le Québec a été redivisé en 18 territoires⁴⁰. Les témoins entendus croyaient que les documents essentiels avaient été colligés lors de l'établissement des nouveaux territoires⁴¹. Pour les fins de la Commission, il s'est pourtant avéré que tout un volet de la vie des viaducs de la Concorde et de Blois n'était pas documenté dans le dossier de la structure au sein de la Direction territoriale de Laval-Mille-Îles. En effet, les importantes réparations effectuées en 1992 y étaient à peine évoquées. Il a fallu un coup de chance pour que l'une des boîtes regroupant certaines informations pertinentes à propos de cette réparation soit retrouvée, permettant ainsi de jeter

³⁶ Une description des lieux possibles de classement et de la composition des dossiers de structure se trouve dans le chapitre 4 à la section 4.7.2.

³⁷ Pièces COM-30A à COM-30N.

³⁸ La Pièce COM-25 répertorie les procès-verbaux de chantiers retrouvés.

³⁹ Sur ces questions, voir les témoignages d'A.-M. Leclerc et G. Richard, Transcription, 12 avril 2007, p. 203 à 239 et la Pièce COM-7, p. 1 à 58. Les démarches réalisées par le Ministère pour la recherche documentaire sont décrites à la Pièce COM-7, p. 59 à 70 et à la Pièce COM-61.

⁴⁰ G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 174. Voir aussi G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 32. Les démarches réalisées par le MTQ afin d'épuiser toutes les sources de classement ainsi que la chronologie des recherches effectuées pour assurer le transfert des dossiers en 1993 sont relatées à la Pièce COM-61.

⁴¹ G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 174 et 182. Voir aussi G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 12 à 14.

un éclairage déterminant sur des questions cruciales pour la compréhension de la nature et de l'étendue des travaux majeurs effectués par le MTQ en 1992⁴².

3.8 Premiers gestes posés par la Commission⁴³

Le gouvernement du Québec a institué la Commission le 3 octobre 2006. Dès le 5 octobre, les trois commissaires effectuaient une visite approfondie du site et tenaient leur première réunion formelle. Durant les deux semaines qui suivirent, la Commission tint neuf réunions où furent discutées les mesures à prendre afin de démanteler la partie restante du viaduc de la Concorde tout en conservant les éléments de preuve nécessaires à son enquête.

Ainsi, furent ordonnées diverses mesures, tels le prélèvement de carottes et de morceaux de béton, l'examen des poutres-caissons, un relevé minutieux du plan de fissuration, l'ouverture de fenêtres d'observation dans la structure restante, l'arpentage complet du site et la prise de mesures radar.

La Commission dépêcha divers experts sur les lieux afin de s'assurer de la bonne exécution du programme de conservation de la preuve⁴⁴.

Le 20 octobre 2006, la Commission a jugé que le programme de conservation de la preuve avait été réalisé de manière satisfaisante. La SQ, alors toujours gardienne du site, en fut informée et elle en remit immédiatement la responsabilité au MTQ. Les rapports préparés par MM. Jacques Marchand et Denis Mitchell détaillent plus amplement les diverses mesures conservatoires entreprises⁴⁵.

⁴² Il semble en effet que les notes et documents relatifs à ces réparations auraient dû être détruits en 2005 selon le calendrier ministériel de conservation en vigueur (voir la Pièce COM-54B). Il est toutefois impossible d'attester si d'autres informations pertinentes à cet égard ont pu exister en sus.

⁴³ Annexe 19, Note complémentaire n° 1, et Annexe 2.

⁴⁴ La liste complète des experts dont les services furent retenus par la Commission se trouve au chapitre 1, section 1.3.2.

⁴⁵ Pièces COM-62, COM-62A, COM-62B, COM-62C, COM-63 et COM-63B.

CHAPITRE 4

4. LA CONCEPTION, LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DU VIADUC DE LA CONCORDE

Les faits mis en preuve devant la Commission

4.1 Introduction

Aux causes physiques de l'effondrement s'ajoutent des causes d'origine humaine liées soit au comportement des personnes en cause, soit à leur incapacité à pallier des normes qui aujourd'hui seraient considérées inadéquates en matière de calcul des efforts en cisaillement. Les témoignages entendus par la Commission, ainsi que la preuve documentaire amassée, démontrent clairement que la construction et la gestion du viaduc de la Concorde durant sa vie utile ont été ponctuées d'obligations non remplies, ou mal remplies, par plusieurs intervenants. Quant à la conception, elle n'enfreint aucune disposition d'importance du Code CSA-S6-1966.

La déresponsabilisation généralisée à l'égard du contrôle de la qualité des travaux et des matériaux constitue la faiblesse la plus évidente constatée durant la phase de construction du viaduc. En dépit de la clarté de leurs obligations légales et contractuelles, l'entrepreneur et ses sous-traitants se sont déchargés entièrement de leur responsabilité sur les exécutants et sur l'ingénieur-conseil chargé de la surveillance complète de l'ensemble des travaux quant à la qualité du travail et sa conformité aux plans et devis.

La firme de génie-conseil Desjardins Sauriol & Associés (« DSA ») était pour sa part responsable de tous les aspects touchant au génie, ce qui comprenait la planification de l'ouvrage, la conception, la préparation des plans et devis et la surveillance complète des travaux ainsi que le contrôle des matériaux¹. Au chapitre de la surveillance des travaux, DSA a failli à ses responsabilités. Alors qu'il est démontré que ses équipes surveillaient les travaux routiers, la Commission n'a pu établir avec certitude quelle autorité responsable et quel mécanisme avaient été mis en place pour assurer la surveillance des travaux de construction du viaduc. Dans la meilleure des hypothèses, DSA n'aurait exercé qu'une surveillance partielle et très incomplète de la construction du viaduc.

La firme Inter State Paving inc. (« ISP ») avait signé un contrat avec le ministère de la Voirie en vertu duquel elle était responsable de la construction. Elle a réalisé elle-même les travaux de construction de l'autoroute 19, mais elle a sous-traité l'essentiel des travaux de construction des viaducs, sans mettre en place un mécanisme de surveillance qui lui aurait permis de s'assurer que les travaux réalisés par les sous-traitants étaient conformes aux plans et devis. Ces sous-traitants – dont le responsable de la fabrication et de la pose des aciers d'armature – ont eux-mêmes embauché leurs propres sous-traitants sur lesquels ils se sont déchargés à leur tour de toute responsabilité quant à la qualité de leur travail.

¹ La Commission analysera au chapitre 5 les travaux de génie, eu égard aux codes et normes en vigueur à l'époque ainsi qu'aux règles de l'art.

Chapitre 4 La conception, la construction et l'entretien du viaduc de la Concorde

Il résulte de cette déresponsabilisation généralisée une installation inadéquate de l'armature et l'utilisation d'un béton de piètre qualité.

L'organigramme de la figure 4.1 établit les liens entre le ministère de la Voirie, DSA et ISP et les différentes responsabilités de leurs sous-traitants respectifs.

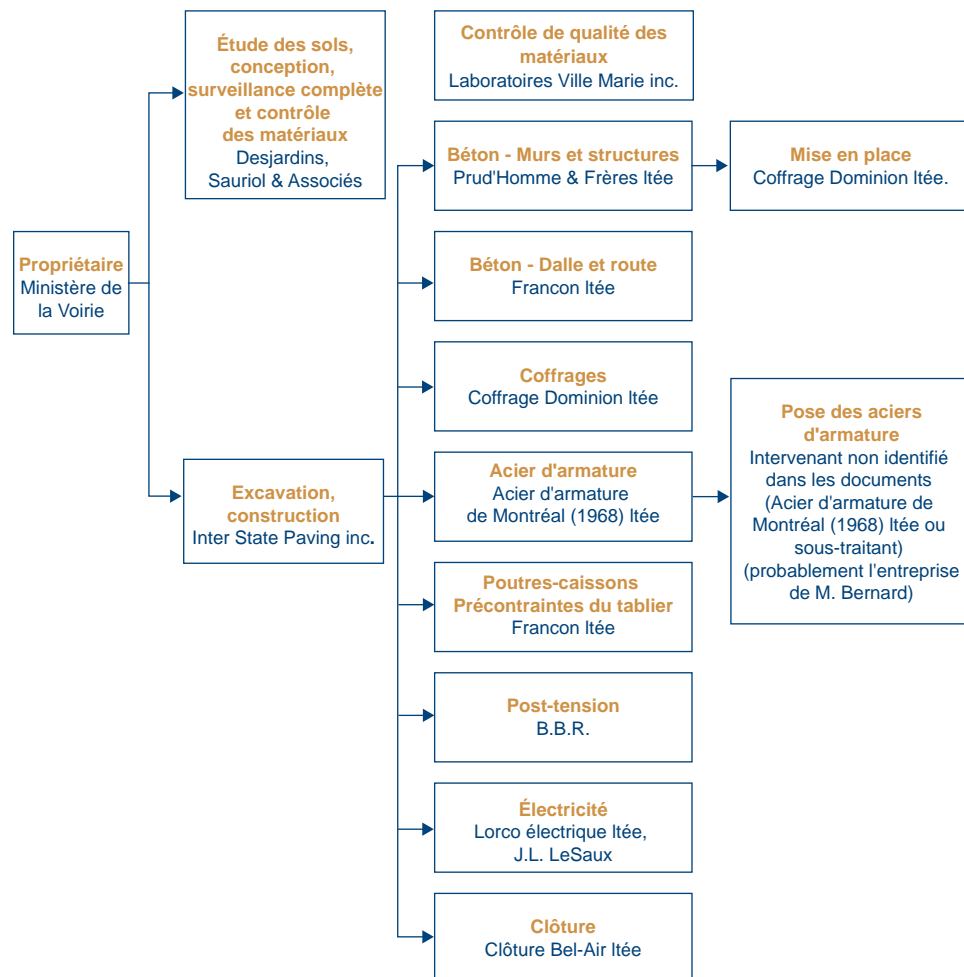


Figure 4.1 Organigramme des intervenants ayant participé à la conception et à la construction du viaduc de la Concorde

Par ailleurs, pendant que le viaduc de la Concorde se trouvait sous la responsabilité du MTQ, il ne fut jamais assujéti à un programme d'inspection et d'entretien qui aurait pris en compte les particularités de l'ouvrage, notamment l'importance des chaises situées à l'extrémité des porte-à-faux. Les retards constatés aux interventions d'entretien en sont une démonstration évidente. Lors de la réparation de 1992, malgré l'évidence d'une très forte dégradation du béton et de la pose inadéquate des aciers d'armature, on n'apporta aucune solution à ces défauts.

4.2 Études d'avant-projet – naissance du concept

Le 14 août 1968, DSA obtint un premier contrat de services professionnels du ministère de la Voirie pour mener des travaux de génie préliminaire². Le 27 novembre 1968, par décret du Conseil du trésor, le gouvernement retint les services de DSA et l'autorisa à entreprendre les travaux de génie du viaduc de la Concorde³.

L'emplacement de l'autoroute posait des contraintes particulières quant à la conception du viaduc de la Concorde, notamment l'épaisseur du roc et la courbe de l'autoroute à cet endroit. La prise en compte de ces facteurs amena les ingénieurs Gilles Dupaul et René Therrien à suggérer au Ministère deux concepts architecturaux proposant deux solutions, l'une avec des poutres préfabriquées pour le viaduc de la Concorde et l'autre avec des poutres d'acier pour le viaduc de Blois⁴.

M. Therrien a expliqué à la Commission que le concept retenu pour le viaduc de la Concorde était un pont en béton avec un porte-à-faux à chaises (« *drop-in* »)⁵. Il avait utilisé un concept similaire en 1965 pour la « *traverse* » de la rue Notre-Dame dans l'échangeur Turcot⁶. Toutefois, sur ce pont, la dalle pleine épaisse des culées en porte-à-faux était remplacée par des poutres. Il ne connaissait pas vraiment d'inconvénients à ce concept et il y voyait même plusieurs avantages⁷ :

- La réduction de la portée des poutres, donc une diminution de leur profondeur ;
- Une meilleure finition extérieure avec un dessous de viaduc plat plutôt que des poutres séparées et un tablier peu épais ;
- L'élimination du besoin d'un pilier central ;
- Une réduction des coûts d'expropriation puisque l'emprise de l'autoroute serait moins large ;
- La facilité de la construction du viaduc.

Pour sa part, M. Dupaul a affirmé à la Commission qu'avant le projet de l'autoroute 19, il avait participé à la conception de quelques ponts avec des dalles pleines épaisses, notamment pour l'échangeur Turcot⁸. De plus, il a ajouté que l'excavation dans le roc étant très coûteuse, il était donc préférable de présenter un concept qui n'exigerait pas de creuser trop profondément et qu'il était facile d'ajouter des ancrages pour stabiliser les culées, comme cela avait été suggéré⁹. Finalement, l'élimination du pilier au centre du pont donnerait une meilleure visibilité aux automobilistes (figure 4.2).

² Pièce COM-21, p. 19.

³ Pièce COM-21, p. 21.

⁴ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 173 et 174.

⁵ R. Therrien, Transcription, 17 avril 2007, p. 119.

⁶ R. Therrien, Transcription, 17 avril 2007, p. 122.

⁷ R. Therrien, Transcription, 17 avril 2007, p. 119, 122 à 124 et 141.

⁸ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 162 à 165.

⁹ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 172 et 173.



Figure 4.2 Le viaduc de la Concorde, direction nord

Selon MM. Therrien et Dupaul, les considérations relatives aux difficultés d'inspection, d'entretien et de réparation de l'ouvrage ne furent pas discutées à l'époque¹⁰. M. Raymond Francoeur, directeur adjoint des projets de ponts à la Direction générale des ponts de l'époque, confirme leur témoignage¹¹.

Il semble que l'importance névralgique du joint de dilatation avait toutefois été notée, car M. Francoeur a tenu à préciser à la Commission qu'une note sur l'avant-projet prévoyait la pose d'un joint étanche et que le type de joint proposé par les concepteurs était censé répondre à cette exigence, selon les connaissances de l'époque¹². Par ailleurs, on utilisait alors beaucoup moins de sels fondants qu'aujourd'hui, selon M. Raymond Désy, alors directeur général des ponts et supérieur de M. Francoeur¹³.

Le Ministère a approuvé l'option du pont en béton et, lors de l'ouverture des soumissions, il fut décidé de construire le viaduc de Blois comme une réplique du viaduc de la Concorde. L'avant-projet fut approuvé sur la base de plans préliminaires préparés par des dessinateurs suivant les esquisses des concepteurs ; il s'agissait d'une ou deux feuilles représentant la vue en élévation de la structure et ses principales coupes¹⁴. Le Ministère a vérifié sommairement le respect de certains critères, tels les dégagements verticaux et horizontaux et la géométrie¹⁵. L'approbation d'un avant-projet de pont consistait surtout en une autorisation d'aller de

¹⁰ R. Therrien, Transcription, 17 avril 2007, p. 131 ; G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 178.

¹¹ R. Francoeur, Transcription, 19 avril 2007, p. 237, 238, 248 et 249.

¹² R. Francoeur, Transcription, 19 avril 2007, p. 239 et 240.

¹³ R. Désy, Transcription, 19 avril 2007, p. 184.

¹⁴ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 182.

¹⁵ R. Désy, Transcription, 19 avril 2007, p. 173 à 175 et 186 et 187 ; R. Francoeur, Transcription, 19 avril 2007, p. 217 à 220.

l'avant, en se fiant à la réputation et la compétence des ingénieurs-conseils mandatés¹⁶. Cette approbation relevait donc davantage d'un « *agrément* » que d'un travail de contenu.

À la fin des discussions sur l'avant-projet, le Ministère et les ingénieurs-conseils étaient généralement d'accord sur les modifications à apporter aux plans. La version définitive des plans et devis n'avait donc pas à être revue par le Ministère, si on se fie aux dossiers qu'il a conservés.

Dans leur témoignage devant la Commission, MM. Dupaul et Therrien constatent que plusieurs problèmes qui n'avaient pas été anticipés sont survenus une fois l'ouvrage en service :

1. **Drainage** La faible cambrure de la chaussée et l'absence de drains pour évacuer l'eau sur le viaduc entraînent une accumulation d'eau entre le trottoir et la chaussée¹⁷.
2. **Joint de dilatation** En principe, ces joints doivent toujours être étanches, mais il est commun de les voir couler. Or, la conception du viaduc de la Concorde fait en sorte que les joints sont situés juste au-dessus de la chaise, ce qui favorise la pénétration d'eau et de sels fondants au niveau de l'appui. À l'époque, M. Therrien¹⁸ avait tenu pour acquis que l'eau s'infiltrant par le joint s'écoulerait de la chaise et qu'un nettoyage sous pression permettrait de nettoyer ensuite les sels fondants accumulés à cet endroit.
3. **Inspection** L'inspection de la chaise est difficile vu l'accès très limité. La partie de la structure située sous le joint est invisible et il est impossible d'inspecter l'intérieur des poutres. M. Therrien fait cependant remarquer que c'est le cas de nombreuses structures de ce type, en France par exemple, et que ce genre d'élément s'est avéré adéquat pour toute la durée de vie des ouvrages¹⁹.
4. **Entretien** L'entretien au niveau de la chaise est compliqué pour le béton, l'acier et les appuis en néoprène puisque ces éléments sont situés sous le joint sur lequel circulent les véhicules. Des travaux d'entretien signifieraient la fermeture des voies de circulation sur le viaduc et même, pour certains travaux, celle de l'autoroute.

M. Dupaul lui-même n'a jamais conçu d'ouvrages similaires à ceux des viaducs de la Concorde et de Blois après le projet de l'autoroute 19. Le dernier ouvrage de ce type date de 1972²⁰.

Constats de la Commission

La Commission constate que le Ministère a approuvé le concept de DSA pour le viaduc de la Concorde sans anticiper les difficultés considérables qui découleraient de cette décision, particulièrement si le joint de dilatation venait à perdre son étanchéité. De plus, il n'a pas évalué les problèmes d'inspection que poserait un tel type d'ouvrage. À la décharge du Ministère cependant, la Commission souligne que l'usage des sels fondants était encore relativement nouveau et qu'à cette époque, on connaissait mal les problèmes inhérents à leur utilisation.

¹⁶ R. Désy, Transcription, 19 avril 2007, p. 185 et 186.

¹⁷ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 200 à 204.

¹⁸ R. Therrien, Transcription, 17 avril 2007, p. 127 et 128.

¹⁹ R. Therrien, Transcription, 17 avril 2007, p. 132.

²⁰ Pièce COM-6, p. 4 et 5 ; R. Francoeur, Transcription, 19 avril 2007, p. 246 ; G. Richard, Transcription, 13 juillet 2007, p. 170.

Dès 1972, le Ministère cesse d'approuver des structures semblables. Cependant, rien ne démontre que des dispositions furent prises par la suite pour intégrer dans le programme d'inspection et d'interventions des actions spécifiques à l'égard de ce type d'ouvrage tout à fait particulier.

4.3 **Contrat de services professionnels – obligations reliées à la conception²¹**

En avril 1970, après le début des travaux de construction, le ministère de la Voirie confirmait le mandat et octroyait de façon définitive à la firme d'ingénieurs-conseils DSA un contrat de services professionnels pour l'ensemble des travaux de génie requis par le prolongement de l'autoroute Papineau-Leblanc²². Le mandat comprenait spécifiquement les aspects suivants :

- Études préparatoires complémentaires ;
- Plans, devis et estimations préliminaires et définitifs ;
- Forages, sondages et étude des sols ;
- Surveillance complète des travaux ;
- Contrôle et surveillance des matériaux d'infrastructure et des fondations ;
- Contrôle et essais réguliers des bétons de ciment ;
- Contrôle de l'usinage et des bétons bitumineux ;
- Contrôle des aciers d'armature et de structure ;
- Protection des talus contre l'érosion et embellissement ;
- Systèmes d'éclairage aux endroits désignés ;
- Systèmes de signalisation routière ;
- Études des possibilités de contribution des organismes gouvernementaux ainsi que des organismes publics ou privés ;
- Tout autre travail relatif à ce mandat qui pourrait être requis, sur demande écrite du propriétaire.

Ce contrat définissait également les principales étapes de réalisation du mandat et les aspects administratifs, notamment les assurances et la rémunération. Les annexes du contrat, signé le 27 avril 1970, comprenaient les documents suivants²³ :

²¹ Les obligations contractuelles de DSA reliées à la surveillance sont présentées en détail à la section 4.7.2.

²² Pièce COM-18, p. 76.

²³ Pièce COM-18, p. 106 à 222.

- Annexe A : Étude des sols ;
- Annexe B : Contrôle des sols et de la mise en œuvre des matériaux d'infrastructure et des fondations ;
- Annexe C : Contrôle qualitatif du béton de ciment entrant dans la construction des ouvrages ;
- Annexe D : Contrôle des aciers d'armature et de structure entrant dans la construction des ouvrages ;
- Annexe E : Contrôle des bétons bitumineux et autres matériaux connexes entrant dans la construction des ouvrages.

4.3.1 Plans et devis

Les plans du viaduc de la Concorde ont été préparés par M. Michel Bertrand, dessinateur. Un autre dessinateur, M. Gilles Demers, a procédé à quelques révisions²⁴. Le travail était ensuite vérifié par le chef dessinateur²⁵. Tout au long du processus, les plans étaient vérifiés par M. Dupaul, l'ingénieur concepteur²⁶.

Les plans du viaduc de la Concorde font partie d'un ensemble plus large de feuillets qui décrivent le projet de prolongement de l'autoroute 19. Le tableau 4.1 établit la liste de l'ensemble de ces feuillets²⁷.

Tableau 4.1 Liste des feuillets des plans de conception

Voirie	
Titre	Plan de localisation
Feuillets n ^{os} 1 et 2	Conditions existantes
Feuillets n ^{os} 3, 4, 5 et 6	Utilités publiques
Feuillets n ^{os} 7 et 8	Boulevard Saint-Martin
Feuillet n ^o 9	Boulevard de la Concorde
Feuillet n ^o 10	Égout collecteur
Feuillets n ^{os} 11, 12 et 13	Géométrie
Feuillets n ^{os} 14 et 15	Signalisation
Feuillets n ^{os} 16 à 22	Sections en travers
Feuillets n ^{os} 23, 24 et 25	Plans-types
Feuillet n ^o 26	Plans et profils – Saint-Martin à Laval
Charpente	
Feuillets n ^{os} 27 à 30	Viaduc boulevard de la Concorde
Feuillets n ^{os} 31 à 34	Viaduc boulevard de Blois
Feuillets n ^{os} 35 à 37	Passerelle rue Rochefort
Feuillets n ^{os} 38 à 40	Murs de soutènement
Feuillets n ^{os} 41 à 45	Viaducs boulevard Saint-Martin

²⁴ G. Demers, Transcription, 19 avril 2007, p. 109.

²⁵ G. Demers, Transcription, 19 avril 2007, p. 108 et 109.

²⁶ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 182.

²⁷ Pièces COM-19 et COM-20A, p. 77.

DSA devait préparer les plans et devis que le Ministère utiliserait dans le processus de soumission menant au choix d'un entrepreneur. La firme DSA a ainsi rédigé un devis spécial apportant des précisions, des ajouts ou des modifications aux devis généraux en fonction du caractère particulier des ouvrages faisant l'objet du contrat²⁸. Ce devis spécial destiné à l'entrepreneur a été signé par MM. Marcel Dubois, ing. et René Therrien, ing., tous deux de DSA. Il fut approuvé le 30 juillet 1969 par M. Arthur Branchaud, ingénieur en chef au ministère de la Voirie²⁹. Ce devis précise certains aspects techniques, notamment les exigences quant aux propriétés du béton frais, à la précontrainte et aux appareils d'appuis, ainsi que divers aspects administratifs comme les modalités de paiement. Trois autres addenda, préparés par M. Dubois³⁰, mais non datés³¹, apportent aussi quelques modifications ou précisions au contrat.

Le devis spécial comprend également des sections portant sur les conditions générales ainsi que sur les travaux de voirie, d'éclairage et de charpente. Les travaux de charpente incluent les points suivants³² :

- Construction d'un viaduc en béton précontraint pré-tendu au boulevard de la Concorde ;
- Construction d'une passerelle pour piétons en béton précontraint post-tendu dans l'axe de la rue Rochefort ;
- Construction d'un viaduc en acier sur le boulevard de Blois ;
- Construction de deux viaducs en béton armé pour l'autoroute au boulevard Saint-Martin ;
- Construction de deux viaducs en béton armé pour les voies de service est et ouest au boulevard Saint-Martin ;
- Construction de tous les murs de soutènement.

L'analyse des soumissions a montré qu'il serait plus onéreux de construire le viaduc de Blois en acier que d'exécuter une réplique en béton du viaduc de la Concorde. Pour des raisons économiques reliées au « *marché difficile et dispendieux de l'acier* », le Ministère a décidé, sur recommandation de DSA, de construire le viaduc de Blois suivant les mêmes particularités de conception que le viaduc du boulevard de la Concorde³³.

En sus des plans, les dessinateurs devaient aussi préparer le bordereau d'armature. Au même titre que les plans et devis, ce document sert à l'entrepreneur pour la fabrication des armatures. Il indique le calibre et la longueur des barres ainsi que les pliages. Selon M. Dupaul, à cette époque, l'ingénieur-concepteur ne révisait pas ce bordereau³⁴. Ce document n'a pas été retrouvé.

²⁸ Pièces COM-20B et COM-20C. Le contrat signé par DSA énumère les devis généraux du gouvernement qui s'appliquent.

²⁹ Pièce COM-20A, p. 74.

³⁰ Deux des trois addenda portent le nom de M. Dubois; un seul porte sa signature.

³¹ Pièce COM-20A, p. 55 à 58.

³² Pièce COM-20A, p. 103.

³³ Pièce COM-20A, p. 47 et 48.

³⁴ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 10.

4.4 Conception du viaduc et calculs détaillés

M. Dupaul était responsable de la conception et des calculs détaillés. Il a produit les plans préliminaires et définitifs, les estimations de coûts et les devis³⁵. Il affirme avoir observé les normes et codes suivants, en vigueur à l'époque³⁶ :

1. *Standard Specifications for Highway Bridges*, 8th Edition (American Association of State Highway Officials, AASHO 1961)³⁷ ;
2. *Design of Highway Bridges* (Canadian Standards Association, CAN/CSA-S6-1966)³⁸ ;
3. *Design Handbook* (Concrete Reinforcing Steel Institute, CRSI 1952)³⁹.

Pour réaliser le calcul des charges vives sur le viaduc de la Concorde, M. Dupaul a utilisé le camion H20-S16 du Code CSA-S6-1966, soit le plus lourd de l'époque, à la position la plus critique pour l'ouvrage. Il a considéré que la charge était distribuée uniformément sur les appareils d'appui de néoprène, étant donné que la précontrainte transversale rigidifiait le tablier⁴⁰. Il n'a pas considéré la charge additionnelle engendrée par le trottoir en porte-à-faux, mais il soutient que la charge vive n'y est pas aussi importante qu'ailleurs⁴¹.

Les porte-à-faux du viaduc de la Concorde sont conçus pour reprendre le moment fléchissant le plus critique, qui inclut la charge morte (c'est-à-dire le poids propre de l'ouvrage) et la charge vive (le poids des véhicules qui y circulent). M. Dupaul explique que ce qui est en tension doit être repris par l'acier puisque le béton reprend peu d'efforts en tension et qu'il se « *fatigue* »⁴².

M. Dupaul affirme que le Code autorisait une contrainte de cisaillement pouvant atteindre 70 lb/po² sans nécessiter d'armature en cisaillement⁴³. La contrainte de cisaillement maximale calculée pour la dalle pleine épaisse des culées du viaduc de la Concorde était de 60 lb/po². Toutefois, la présence d'un biais dans les dalles des culées (voir la figure 2.1) occasionne dans le coin sud de la dalle est, ainsi que dans le coin nord de la dalle ouest, des contraintes supérieures à la contrainte moyenne calculée par M. Dupaul⁴⁴. Dans ses calculs, celui-ci a pris en compte l'effet du biais en considérant la longueur du porte-à-faux mesurée selon l'axe du pont plutôt que perpendiculairement à l'axe des appuis. Toutefois, les outils d'analyse par calcul avec éléments finis utilisés aujourd'hui – qui n'étaient pas disponibles en 1969 – révèlent que les efforts sont davantage concentrés que ce qu'indiquaient les calculs réalisés par M. Dupaul et qu'ils outrepassaient les contraintes permises par les codes⁴⁵.

Des suspentes en U n° 8 ont été prévues à l'extrémité du porte-à-faux pour transférer les charges en traction de l'assise à la partie supérieure du porte-à-faux.

³⁵ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 164.

³⁶ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 199 et 200.

³⁷ Pièce COM-29D.

³⁸ Pièce COM-29A.

³⁹ Pièce COM-29E.

⁴⁰ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 29.

⁴¹ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 29.

⁴² G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 233.

⁴³ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 45.

⁴⁴ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 45.

⁴⁵ Pièce COM-62, p. 110 et 111. Tel que décrit plus amplement au chapitre 5.

4.4.1 Conception des suspentes en U

Les crochets de la partie supérieure des suspentes en U ont pour fonction de transmettre les charges de l'appui vers les barres d'armature n° 14. Ces crochets doivent être placés dans le plan horizontal des barres n° 14 selon les plans. La longueur minimale des barres d'armature pour réaliser le chevauchement est de 18 fois le diamètre de ces barres. Selon M. Dupaul, le concept de porte-à-faux rend très important le chevauchement, le long des barres d'armature, des suspentes en U avec les barres d'armature n° 14⁴⁶.

D'après M. Dupaul, si les suspentes avaient été accrochées au-dessus des barres principales, la profondeur effective de la dalle aurait été moindre, car les barres principales auraient été plus basses. Par conséquent, il aurait fallu augmenter l'épaisseur de la structure.

Le Code ne prévoyait rien pour l'ancrage des suspentes. Par contre, l'article 8.6.10.4.3 du Code CSA-S6-1966 mentionne que les étriers doivent être en contact et pliés autour de l'armature longitudinale⁴⁷ :

« Stirrups shall be anchored at both ends by one of the following methods, or by a combination thereof :

a) Bending around closely in contact with a bar of the longitudinal reinforcement, in the form of a U-stirrup or hook;

b) Embedment above or below the mid-depth, $\frac{1}{2}$, of the beam on the compression side a distance sufficient to develop by bond the stress to which the beam will be subjected at the bond stress permitted by Clause 8.3.3c) but in any case a minimum of 24 bar diameters. »

Dans une logique qui se défend, M. Dupaul affirme que cet article concerne les poutres et qu'on ne peut considérer la portion en porte-à-faux des culées comme une poutre, mais plutôt comme une dalle pleine épaisse⁴⁸. Il n'a donc pas tenu compte de cet article lors de la conception du viaduc. Selon lui, dans une dalle épaisse, il est possible de relier les suspentes aux barres longitudinales en plaçant des crochets parallèles à celles-ci dans un même plan horizontal.

Pour la même raison, M. Dupaul considère que l'article 8.6.10, et plus particulièrement l'article 8.6.10.3 du Code CSA-S6-1966, ne s'applique pas dans le cas présent⁴⁹ :

« Stirrups: Where stirrups are required to carry shear, the maximum spacing of stirrups shall be limited to $\frac{1}{2}$ the depth of the beam, and where not required to carry shear, the maximum spacing shall be limited to $\frac{3}{4}$ the depth of the beam. The first stirrup shall be placed at a distance from the face of the support not greater than one-fourth of the effective depth of the beam. »

⁴⁶ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 230 et 231.

⁴⁷ Pièce COM-29A, p. 43.

⁴⁸ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 36 et 37.

⁴⁹ Pièce COM-29A, p. 42.

Constats de la Commission

Le dessin des armatures est conforme au code de l'époque; le Code CSA-S6-1966 ne requerrait pas d'étriers dans des dalles pleines épaisses si le béton pouvait résister aux efforts de cisaillement. Le Code CSA-S6-2006 ne requiert pas davantage d'étriers dans les dalles, dans la mesure où la résistance pondérée en cisaillement excède la force pondérée en cisaillement.

Les charges créées dans la culée par le biais étaient à l'époque très difficiles à calculer. Sans les moyens informatiques d'aujourd'hui, l'analyse rigoureuse des effets de cette anomalie géométrique relevait de méthodes de calcul que ne maîtrisaient pas la plupart des ingénieurs-concepteurs à l'époque. Le biais introduisait un élément additionnel de risque.

Par ailleurs, le détail des armatures sur les dessins aurait dû être plus précis selon les meilleures pratiques et adapté à la situation spécifique de l'ouvrage à l'extrémité des porte-à-faux.

4.4.2 Fabrication et pose des suspentes en U

Selon M. Dupaul, la suspente en U doit avoir une longueur totale de 11', mais lorsqu'elle est fabriquée à l'usine, le manufacturier doit tenir compte des pliages et doit donc allonger la barre en conséquence⁵⁰.

D'après M. Dupaul, la suspente devait être réalisée avec des coins droits (à 90°)⁵¹. Toutefois, il semble qu'en cours de chantier, la base de la suspente ait été appuyée sur les barres n° 7, avec une pente d'environ 4 % (voir la figure 2.10). Les plans ne spécifient pas qu'il est nécessaire de soutenir les barres d'armature pour donner les bons angles. Il s'agit plutôt de techniques de construction auxquelles l'entrepreneur doit recourir pour y arriver. Selon M. Dupaul, un entrepreneur compétent aurait déduit qu'il fallait utiliser des « *chaises* » (cales d'espacement)⁵².

M. Dupaul affirme que l'acier fut posé de manière « *inacceptable* »⁵³. En prenant connaissance de photos de la fenêtre d'observation nord-ouest du viaduc de la Concorde, il lui apparaît clairement que les étriers en U n'étaient pas placés convenablement. Ces étriers, ont été disposés en-dessous des barres transversales n° 7, donc en-dessous des barres principales n° 14⁵⁴. Le fait que les étriers soient éloignés des barres n° 14 engendre une zone sans armature dans la dalle⁵⁵. En observant des photos et croquis réalisés à partir des travaux de dissection effectués par les experts de la Commission, M. Dupaul en arrive à la même conclusion⁵⁶. Selon lui, un surveillant qui aurait examiné la position des barres d'armature aurait constaté leur positionnement inadéquat.

⁵⁰ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 12.

⁵¹ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 232 et 19 avril 2007, p. 14 et 15.

⁵² G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 15.

⁵³ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 244.

⁵⁴ Pièce COM-35C, G. Dupaul. Transcription, 19 avril 2007, p. 20 à 25.

⁵⁵ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 24.

⁵⁶ Pièce COM-1B, p. 16.

À la vue de la photo prise par M. Jules Bonin, surveillant routier,⁵⁷ moins d'une heure avant l'effondrement du viaduc, M. Dupaul qualifie la fissure visible de très importante et considère que le pont méritait alors d'être fermé. Selon lui, cette photo n'est toutefois pas annonciatrice de ce qui est advenu⁵⁸.

M. Dupaul affirme que la rupture du porte-à-faux est survenue en cisaillement et non en flexion, et qu'il n'y a pas eu de rupture dans la chaise elle-même. Il explique que le porte-à-faux s'est rompu à cause de la formation d'une fissure entre les barres d'armature⁵⁹. Cette fissure se serait amorcée lentement et aurait progressé avec les années au sein de la structure. Selon lui, s'il y avait eu des étriers tout le long du porte-à-faux, ces derniers auraient pu reprendre les efforts ou, du moins, la rupture aurait été retardée⁶⁰. Lors de son témoignage, M. Dupaul a émis l'opinion qu'il n'y aurait pas eu de rupture si les étriers (les suspentes) avaient été accrochés aux barres n° 7 et n° 14. Le concept ne prévoyait toutefois pas d'attache directe par crochet des étriers aux barres n° 14, mais plutôt un positionnement en parallèle des barres longitudinales dans un même plan horizontal, sans pour autant que les suspentes en U soient attachées aux barres n° 7 ou n° 14.

Constat de la Commission

Tout comme les témoins reliés à la construction et tous les experts, la Commission est d'avis qu'au moment de la construction, les aciers d'armature posés à proximité de la chaise du porte-à-faux ont été mal placés. C'est le cas, notamment, des suspentes en U n° 8 et des barres diagonales n° 6, et ce, pour les porte-à-faux des viaducs de Blois et de la Concorde. Ces barres n'ont pas été accrochées aux barres n° 14, puisque les plans ne le demandaient pas. Leurs crochets prévus pour longer les barres n° 14 dans le même plan horizontal ont été posés en-dessous du plan horizontal des barres n° 14, définissant une zone de faiblesse non armée entre ces crochets et les barres n° 14.

4.4.3 Autres considérations

Les armatures transversales n° 7 prévues aux plans ont pour fonction de reprendre les efforts de retrait et de température dans la direction transversale du viaduc (voir les figures 2.8 et 2.9). Comme il y avait un risque de fissuration dans le coin de la chaise, le concepteur avait prévu placer des aciers d'armature à cet endroit.

Les plans ne comportaient aucun système de drainage particulier. Selon M. Dupaul, le drainage se faisait par les extrémités de la structure, avec une pente dans le sens longitudinal du viaduc vers les culées et une autre pente dans le sens transversal du viaduc vers les trottoirs (dévers)⁶¹. Le dévers est habituellement de 1 à 2 %. D'après M. Dupaul, la pente sur le viaduc de la Concorde était faible mais suffisante⁶². Il précise toutefois que la pente de la structure apparaissant sur les plans ne correspondait pas nécessairement à la pente réelle de la surface de roulement. La différence possible dépend de l'épaisseur de l'enrobé bitumineux et, en raison

⁵⁷ Pièce COM-1A, p. 40 (reprise dans le rapport à la figure 3.3).

⁵⁸ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 67 et 68.

⁵⁹ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 76 et 77.

⁶⁰ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 51 à 53.

⁶¹ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 200 à 203.

⁶² G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 202 et 203.

de la faible pente du viaduc, le moindre petit défaut au niveau de la pose du béton bitumineux peut entraîner la formation de flaques d'eau⁶³.

M. Dupaul n'a pas eu à se rendre sur le chantier du viaduc de la Concorde ni sur celui du viaduc de Blois⁶⁴. Il ne se souvient pas d'avoir reçu d'appels durant la construction pour signaler des problèmes⁶⁵. De plus, il affirme qu'il n'a jamais été consulté durant la vie de l'ouvrage dans le cadre d'une inspection, ou encore de travaux d'entretien, à propos de difficultés particulières inhérentes au concept particulier de ces viaducs⁶⁶.

4.4.4 Caractéristiques du béton

Le béton pour les travaux de charpente est spécifié au devis spécial⁶⁷, dont le tableau E-4.1 modifie le tableau 4.1 du devis général⁶⁸.

Ce tableau décrit quatre types de béton (A, exposé à l'air; B, exposé à l'eau; C, exposé à l'eau salée et aux sels fondants; D, coulé dans l'eau) et la note suivante apparaît sous le tableau :

« Dans ce projet, seul le type d'exposition A s'applique à toutes les structures. »

Pour ce qui est de la teneur en air, le tableau E-4.1 mentionne que pour le béton de type A, l'air occlus peut varier de 5 à 7 % pour des agrégats de ¾ pouce. Cependant, à l'article 203-3, le devis introduit des spécifications particulières pour les différents éléments des viaducs. Par exemple, le béton des culées devait avoir une teneur en air de 4 à 6 % avec un affaissement de quatre pouces, alors que celui du tablier, du trottoir et de la bande médiane devait avoir une teneur en air de 6 à 7 % avec un affaissement de trois pouces.

En d'autres mots, le devis est confus quant aux caractéristiques du béton de charpente exigé. De plus, les spécifications du devis pour les caractéristiques du béton correspondant à la condition d'exposition A ne respectaient pas les exigences de la norme canadienne *CSA-A23.1-67 – Béton : Constituants et exécution des travaux*, en vigueur à l'époque.

4.4.5 Viaduc de Blois

M. Gilles Demers a dessiné les plans du viaduc de Blois, comme en attestent les initiales apparaissant dans le cartouche du coin inférieur droit et dans le tableau des révisions, au coin supérieur droit⁶⁹.

D'après M. Demers, les suspentes ont la même longueur de 11' sur les plans des porte-à-faux des viaducs de la Concorde et de Blois, mais avec les différences suivantes⁷⁰ :

⁶³ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 204.

⁶⁴ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 185.

⁶⁵ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 185 et 186.

⁶⁶ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 65.

⁶⁷ Pièce COM-20A, p. 105.

⁶⁸ Pièce COM-20C, p. 41.

⁶⁹ G. Demers, Transcription, 19 avril 2007, p. 109 ; Pièce COM-19, p. 63 à 66.

⁷⁰ G. Demers, Transcription, 19 avril 2007, p. 111 à 113.

- la pente sous le porte-à-faux montre une légère différence parce que le viaduc de la Concorde est à angle, alors que celui du boulevard de Blois est à 90°⁷¹;
- il n'y a que deux longueurs de barres qui se chevauchent sur le viaduc de Blois (MK701 et MK702) tandis que le viaduc de la Concorde en comporte trois (une de chaque côté, pliée, et une au milieu, droite) car ce viaduc est plus large que celui de de Blois⁷².

Selon M. Demers, il apparaît évident que la suspente en U est verticale et qu'elle ne devrait pas suivre la pente des barres d'armature du bas⁷³. Lorsqu'il observe les photos de dissection qui montrent la position des étriers dans une section de la culée nord-est du viaduc de la Concorde⁷⁴, il affirme même ce qui suit :

*R- « Ça a pas de bon sens ça, là, là. »*⁷⁵

4.4.6 Les plans « tel que construit »

Le contrat de services professionnels de DSA prévoyait à l'article II, 10° que la société devait fournir à la fin des travaux un ou des plans des ouvrages « tel que construit » sur un support permettant une reproduction facile. M. Dupaul a expliqué que cette version des plans « tel que construit », se prépare en mettant des plans à jour à partir des informations provenant du chantier⁷⁶.

Malheureusement, le MTQ n'avait pas dans ses archives une copie de tels plans. M. Dupaul ne se souvient pas si DSA a envoyé les plans « tel que construit » du viaduc de la Concorde au Ministère et la preuve n'a pas permis de déterminer si de tels plans avaient été remis ou non au Ministère à la fin des travaux⁷⁷.

Les plans que le MTQ a remis à la Commission correspondent aux plans préliminaires discutés entre DSA et le Ministère lors de l'approbation du concept⁷⁸. Ils comportaient l'inscription suivante :

TEL QUE CONSTRUIT

Cette mention ne signifie pas que le plan a été annoté comme tel. Son contenu peut donc être différent de l'ouvrage existant.

Date _____ par : _____

Il s'avère que ces plans, datés du 31 juillet 1969, et ne comportant aucune révision, ne sont pas les plans « tel que construit ».

⁷¹ G. Demers, Transcription, 19 avril 2007, p. 111.

⁷² G. Demers, Transcription, 19 avril 2007, p. 113.

⁷³ G. Demers, Transcription, 19 avril 2007, p. 114 et 115.

⁷⁴ Pièce COM-1B, p. 16.

⁷⁵ G. Demers, Transcription, 19 avril 2007, p. 127.

⁷⁶ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 196.

⁷⁷ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 189 et 190.

⁷⁸ Pièce COM-19.

Lors de sa comparution devant la Commission, M. Dupaul a déposé des plans qu'il avait en main, qui sont aussi datés du 31 juillet 1969, mais qui indiquent un certain nombre de révisions dont la dernière date du 17 août 1970. Les plans remis à la Commission par M. Dupaul semblent être ceux qui auraient été utilisés pour la construction⁷⁹.

M. Guy Richard, directeur de la Direction des structures du MTQ, a expliqué au sujet de la note qui accompagne les plans « tel que construit » que lorsque les plans ont été microfilmés, la personne qui faisait ce travail utilisait deux sortes d'étampes. L'une portait l'inscription « tel que construit » sans remarque, et on l'utilisait pour les vrais plans « tel que construit ». Quant à l'autre, qui est représentée ci-dessus, on l'apposait lorsqu'on ne trouvait pas de plans « tel que construit ». Cette étampe indiquait que les plans ainsi identifiés étaient ceux qu'on avait pu trouver⁸⁰.

Constat de la Commission

Il est surprenant que le MTQ n'ait pas retrouvé dans ses archives les plans « tel que construit » des viaducs de la Concorde et de Blois. Si DSA ne les avait pas transmis, le MTQ aurait dû les réclamer.

4.5 Construction de l'ouvrage

Le 30 octobre 1969, à la suite d'un appel d'offres public, le ministère de la Voirie octroyait au plus bas soumissionnaire, ISP, le contrat n° 4210-69 pour la construction d'une autoroute à six voies située au nord du nouveau pont Papineau-Leblanc. Selon ce contrat, les travaux devaient se terminer le 1^{er} juillet 1971⁸¹. L'ouverture à la circulation était prévue pour le 11 novembre 1971⁸².

Les documents contractuels sont énumérés à la « Liste des documents » préparée par la firme DSA. Cette liste fait partie du devis spécial⁸³. En plus des plans de l'ouvrage énumérés aux conditions générales du devis spécial intitulé « Localisation et étendue des travaux », on trouve les documents énumérés ci-dessous.

1- Les devis généraux, qui comprennent :

- Le cahier des charges et devis généraux pour la construction, la réfection et l'entretien des routes (dernière édition révisée) du ministère de la Voirie ;
- Le devis de construction des ouvrages d'art majeurs du ministère de la Voirie (Service des Ponts), édition mai 1968 ;
- Les amendements au cahier des charges et aux devis généraux (4 juin 1968) ;
- Le devis de compactage.

⁷⁹ Pièce COM-19, p. 13 à 16.

⁸⁰ G. Richard, Transcription, 12 avril 2007, p. 230 et 231.

⁸¹ Pièce COM-20A, p. 81 et 115.

⁸² Pièce COM-20A, p. 51.

⁸³ Pièce COM 20A, p. 2 à 5.

2- Le devis spécial à l'entreprise.

3- Le bordereau de prix.

Les principaux travaux prévus au contrat, ainsi que la répartition des coûts, étaient indiqués dans un bordereau de prix qui accompagnait la soumission et qui a été préparé suivant le devis en date du 30 juillet 1969⁸⁴. Il s'agissait d'un contrat forfaitaire à prix unitaire. Dans ce type de contrat, l'entrepreneur soumissionne sur des quantités évaluées par l'ingénieur-conseil et inscrites au bordereau des quantités accompagnant la demande de soumission. L'entrepreneur remplit sa soumission en inscrivant un prix unitaire forfaitaire sur chaque élément du bordereau. Si les quantités changent durant les travaux, les paiements sont ajustés en conséquence.

La répartition des coûts totaux de la soumission s'établissait comme suit :

Voirie et éclairage	2 692 838,80 \$
Charpente :	
- Viaduc boulevard de la Concorde	227 519,50 \$
- Viaducs jumelés boulevard Saint-Martin (sous l'autoroute)	278 558,45 \$
- Viaducs jumelés boulevard Saint-Martin (sous voies de services)	178 044,50 \$
- Viaduc rue de Blois	208 232,80 \$
- Passerelle rue Rochefort	20 417,00 \$
- Murs de soutènement	151 150,50 \$
Grand total	3 756 761,55 \$

NOTE : le viaduc de Blois ne sera finalement pas construit en charpente d'acier, au coût estimé dans ce tableau, mais en béton armé, au coût de 163 533,94 \$.

Dans le cas du viaduc de la Concorde, le bordereau de prix indiquait la répartition des coûts de la charpente. Les principaux éléments consistaient en 20 poutres précontraintes (84 900 \$), 1 600 verges cubes de béton pour les culées (56 000 \$) et 300 500 lb d'acier d'armature (35 459 \$)⁸⁵.

Le décret du 29 octobre 1969 réservait un montant total de 4 160 000 \$ pour l'exécution des travaux prévus au contrat 4210-69 par ISP⁸⁶. Les sommes se répartissaient comme suit :

Contrat	3 756 761,55 \$
Matériaux	30 000,00 \$
Imprévus et variations de quantités	373 238,45 \$

Le prix final du contrat, selon la demande finale de paiement n° 27 en date du 31 mars 1973, s'établissait à 3 713 191,76 \$⁸⁷ auquel s'est ajouté le règlement d'une réclamation au montant de 86 415,09 \$.

⁸⁴ Pièce COM-20A, p. 69.

⁸⁵ Pièce COM-20A, p. 63.

⁸⁶ Pièce COM-21, p. 41.

⁸⁷ Pièce COM-23, p. 326.

4.5.1 Obligations de l'entrepreneur⁸⁸

L'entrepreneur devait effectuer les travaux selon les plans et devis, conformément aux règles de l'art et à la satisfaction de l'ingénieur agissant à titre de représentant autorisé de DSA. L'entrepreneur devait produire un programme de construction pour chaque assemblée hebdomadaire, le mettre à jour et le réviser en fonction de l'avancement des travaux. L'approbation du programme et des méthodes d'exécution par l'ingénieur ne déchargeait d'aucune façon l'entrepreneur de ses obligations et de ses responsabilités⁸⁹. De même, la présence des inspecteurs et surveillants sur les lieux ne le relevait pas de ses obligations et responsabilités⁹⁰.

Selon le *Cahier des charges et devis généraux pour la construction, la réfection et l'entretien des routes* (« CCDG »), version 1945, du ministère de la Voirie⁹¹, l'entrepreneur devait :

« [...] employer des surintendants et des contremaîtres compétents, ayant une bonne expérience dans la conduite des travaux de voirie et suffisamment d'instruction pour comprendre facilement les devis et pour lire les plans. »

Ceux-ci devaient également :

« [...] être d'une probité reconnue et disposés à diriger les opérations de manière à obtenir les meilleurs résultats possibles, c'est-à-dire conformes en tout au contrat. »

De plus, ce document spécifiait que ces obligations relatives à la compétence s'appliquaient également aux ingénieurs employés par l'entrepreneur pour diriger les travaux.

Comme l'indiquait le devis spécial qui lui était destiné⁹², l'entrepreneur ne devait pas commander l'acier d'armature avant d'avoir vérifié et reçu de l'ingénieur l'approbation à cet effet, en particulier si le niveau des empattements était modifié. Selon le *Devis de construction des ouvrages d'art majeurs* de 1968⁹³, l'entrepreneur devait vérifier les quantités et les dimensions des armatures prévues au bordereau lors de leur réception.

Selon ce même devis, avant une coulée de béton, l'entrepreneur devait soumettre pour approbation les formules de mélange qu'il se proposait d'utiliser⁹⁴. Il devait aussi s'assurer que tous les accessoires qu'il fallait incorporer au béton, tels les armatures, les joints d'expansion, les appareils d'appui, les drains, etc., étaient effectivement en place avant de procéder au bétonnage⁹⁵. L'entrepreneur devait également aviser l'ingénieur au moins 48 heures à l'avance lorsqu'il projetait de faire un bétonnage et il ne pouvait entreprendre cette opération avant que ce dernier n'ait inspecté et accepté les coffrages ainsi que l'armature.

⁸⁸ Les obligations contractuelles de l'entrepreneur relatives à la surveillance sont présentées à la section 4.6.4.

⁸⁹ Pièce COM-20A, p. 80.

⁹⁰ Pièce COM-20B, p. 29.

⁹¹ Pièce COM-20B, p. 40.

⁹² Pièce COM-20A, p. 106.

⁹³ Pièce COM-20C, p. 47.

⁹⁴ Pièce COM-20C, p. 37.

⁹⁵ Pièce COM-20C, p. 40.

D'après le CCDG 1945, l'entrepreneur avait la charge de tous les ouvrages de son contrat, jusqu'à l'acceptation finale par l'ingénieur⁹⁶. Si, au cours des cinq ans suivant l'acceptation finale des travaux, des défauts dans les ouvrages avaient été découverts, l'entrepreneur aurait été tenu de les réparer à ses frais, peu importe que ces défauts résultent d'un vice de construction, de l'action d'éléments extérieurs ou d'un acte de sabotage.

4.5.2 Organisation interne d'Inter State Paving inc.

Le contrat de l'autoroute 19 était le plus important jamais obtenu par ISP⁹⁷. À l'époque, la firme était spécialisée en travaux de pavage, d'aqueducs, d'égouts et de murs de soutènement. Selon M. Raymond Désy, il n'était pas nécessaire que l'entrepreneur soit nécessairement spécialisé en construction de ponts, mais la surveillance devait alors être d'autant plus étroite. Toutefois, il a été établi qu'ISP avait déjà construit un viaduc au-dessus de l'autoroute 19 du côté de Montréal, dans les approches du pont Papineau-Leblanc⁹⁸.

ISP confia donc à des sous-traitants spécialisés la construction des coffrages ainsi que la fourniture et le coulage du béton. Elle régit elle-même les conditions générales du chantier et procéda à l'excavation des fondations. Les sous-traitants prirent le relais à partir des empattements⁹⁹.

En 1969, M. Philippe Rizzuto de ISP était responsable de l'ensemble des travaux reliés au prolongement de l'autoroute 19. L'ingénieur Bertrand Lampron travaillait sous ses ordres ; il assurait notamment la bonne marche et la coordination des travaux de construction des viaducs. Il considère que son mandat ne consistait pas à s'assurer de la conformité des travaux aux plans et devis puisqu'à ses yeux, cette tâche revenait aux ingénieurs de DSA chargés de la surveillance par le donneur d'ouvrage. M. Guillaume de Paoli, ingénieur, travaillait aux bureaux d'ISP ; il préparait les soumissions et contrats des sous-traitants.

Des réunions de chantier étaient tenues environ une fois par semaine ou toutes les deux semaines. Les noms de MM. Bertrand Lampron, Guillaume de Paoli, Philippe Rizzuto et Pietro Rizzuto, d'ISP, apparaissent sur quelques procès-verbaux des réunions de chantier remis à la Commission¹⁰⁰. En vue de ces réunions, M. Lampron préparait la liste des travaux effectués et projetés sur le chantier¹⁰¹. M. Pietro Rizzuto, président d'ISP, assistait aux réunions, mais ne se rendait pas sur le chantier quotidiennement. M. de Paoli affirme ne pas avoir pris part à l'exécution du contrat de construction¹⁰². Il ne se rappelle d'ailleurs pas pourquoi son nom apparaît dans le procès-verbal n° 27 dans le dossier de la réclamation d'ISP pour des travaux additionnels.

⁹⁶ Pièce COM-20B, p. 36 et 37.

⁹⁷ B. Lampron, Transcription, 26 avril 2007, p. 8.

⁹⁸ R. Désy, Transcription, 19 avril 2007, p. 193 et 194.

⁹⁹ B. Lampron, Transcription, 25 avril 2007, p. 227 et 228.

¹⁰⁰ Pièce COM-25, p. 1 et 3 à 12.

¹⁰¹ B. Lampron, Transcription, 25 avril 2007, p. 221.

¹⁰² G. de Paoli, Transcription, 25 avril 2007, p. 178 et 179.

Quant au contrôle de la qualité, MM. Lampron et de Paoli s'en remettaient au travail des ingénieurs-conseils et des exécutants des sous-traitants. Selon l'ensemble de la preuve, il ressort que M. Lampron ne procédait à aucune vérification de conformité entre les travaux réalisés et les plans.

4.5.3 Travaux en sous-traitance

4.5.3.1 Fournisseur des aciers d'armature

Le 29 janvier 1970, le président d'Acier d'armature de Montréal (1968) ltée («AAM»), M. Claude Robert, informait le ministère de la Voirie qu'ISP lui avait octroyé un contrat pour la fabrication, la livraison et la pose de tout l'acier d'armature requis pour le projet de prolongement de l'autoroute Papineau-Leblanc¹⁰³.

AAM était d'abord un fabricant d'acier d'armature. Toutefois, afin de se donner un avantage concurrentiel sur le marché, cette entreprise offrait aussi le service de pose. Pour ce faire, elle embauchait ses propres sous-traitants. La Commission a entendu des témoignages contradictoires sur l'identité du sous-traitant qui avait effectivement posé les aciers d'armature sur le viaduc de la Concorde.

Parmi les poseurs d'acier susceptibles d'avoir mis en place l'armature du viaduc de la Concorde, se trouvent les entreprises de MM. Raymond Bernard, Raymond Lessard et Réal Desrochers¹⁰⁴.

4.5.3.1.1 Entreprise de M. Raymond Bernard

M. Raymond Bernard affirme avoir réalisé la pose d'acier d'armature pour les viaducs du boulevard Saint-Martin¹⁰⁵. Il déclare aussi être certain de ne pas avoir travaillé aux contrats des viaducs de la Concorde et de Blois. D'après lui, c'est « *Desrochers Steel* » qui aurait obtenu ce contrat. Il est toutefois contredit par les témoignages de MM. Jean-Claude Lessard et Régis Saint-Laurent, qui étaient tous deux à son emploi.

M. Jean-Claude Lessard affirme avoir travaillé à la pose de l'acier du tablier du viaduc de la Concorde pour le compte de M. Bernard. À l'époque, il était employé par la compagnie Durno et entre deux contrats, il a travaillé trois ou quatre jours pour M. Bernard. Il croit se souvenir que cela s'est passé pendant l'été parce qu'il faisait très chaud, que le viaduc était dans une courbe et que la structure enjambait l'autoroute 19¹⁰⁶. Plus tard, il a dû retourner au bureau de M. Bernard puisque le chèque avec lequel il avait été payé n'était pas provisionné¹⁰⁷. M. Bernard a affirmé durant les audiences ne pas reconnaître M. Jean-Claude Lessard et n'avoir aucun souvenir d'un chèque qu'il aurait émis sans provision suffisante¹⁰⁸.

¹⁰³ Pièce COM-26, p. 35.

¹⁰⁴ C. Robert, Transcription, 17 mai 2007, p. 26.

¹⁰⁵ R. Bernard, Transcription, 17 mai 2007, p. 146 et 147.

¹⁰⁶ J.-C. Lessard, Transcription, 17 mai 2007, p. 128 et 133.

¹⁰⁷ J.-C. Lessard, Transcription, 17 mai 2007, p. 10.

¹⁰⁸ R. Bernard, Transcription, 17 mai 2007, p. 148.

M. Régis Saint-Laurent était un ferrailleur à l'emploi de M. Raymond Bernard en 1969 et 1970¹⁰⁹. Il se rappelle avoir été contremaître sur les chantiers des quatre viaducs du boulevard Saint-Martin. Son travail au viaduc de la Concorde s'est limité à la pose des aciers d'armature des assises de la culée est¹¹⁰.

4.5.3.1.2 Entreprise de M. Raymond Lessard

L'entreprise de M. Raymond Lessard a été créée en 1964 ou en 1965. M. Lessard reconnaît avoir déjà fait affaire avec AAM, mais il affirme ne pas avoir travaillé sur le contrat de l'autoroute 19¹¹¹.

Constat de la Commission

La Commission a constaté la pose déficiente des aciers d'armature, démontrée à plusieurs endroits par l'utilisation de radar et par la dissection. Quelle qu'ait été la firme chargée de la pose de l'armature, il s'agissait d'un sous-traitant d'AAM. Cette dernière aurait dû s'assurer que la pose était conforme aux plans et devis, ou alors obtenir une approbation de l'ingénieur responsable de la surveillance pour tous changements aux plans et devis, ou pour tous travaux non conformes à ces derniers.

4.5.3.2 Commentaires relatifs à la pose des barres d'armature

La Commission a interrogé les témoins relativement à la fabrication et à la pose des différentes barres composant l'armature du viaduc de la Concorde.

Les barres d'armature étaient coupées et pliées selon les spécifications du bordereau d'armature préparé par l'ingénieur-conseil. Pour sa part, le poseur d'armature utilisait les plans et le bordereau qui indiquait le calibre de la barre à poser.

Le contremaître des poseurs d'armature n'avait pas l'autorité requise pour procéder autrement que selon les plans. Il devait, pour cela, communiquer avec M. Jean Ménard, dessinateur pour AAM, qui communiquait alors lui-même avec le surveillant de DSA. Avant de procéder à une pose d'acier différente de celle indiquée aux plans, le contremaître et le surveillant devaient aviser le concepteur, à moins que le surveillant n'ait été lui-même ingénieur¹¹².

4.5.3.2.1 Barres d'armature principales n° 14

D'après M. Robert, les barres n° 14 du haut de la culée ont été coupées comme l'indiquaient les plans, c'est-à-dire sans être recourbées vers le bas¹¹³. De toute façon, il aurait été impossible de les plier vers le bas à l'extrémité du porte-à-faux parce que cela aurait pris un espace supplémentaire qu'il n'y avait pas. La Commission n'a pas retenu ce témoignage puisqu'elle a noté que sur des plans d'autres structures semblables, on avait effectué de tels pliages de barres n° 14 à l'extrémité du porte-à-faux et que ces barres avec crochet avaient été posées. Un tel crochet aurait assuré un meilleur transfert des charges.

¹⁰⁹ R. Saint-Laurent, Transcription, 19 juin 2007, p. 24 et 27.

¹¹⁰ R. Saint-Laurent, Transcription, 19 juin 2007, p. 23 et 28.

¹¹¹ R. Lessard, Transcription, 19 juin 2007, p. 37 et 38.

¹¹² J. Ménard, Transcription, 17 mai 2007, p. 78.

¹¹³ C. Robert, Transcription, 17 mai 2007, p. 60 à 62.

4.5.3.2.2 Barres d'armature supplémentaires de support n° 6

Lors de la construction, quelques barres verticales non prévues aux plans ont été ajoutées pour servir de support aux aciers d'armature du haut de la culée, auxquelles elles sont soudées (voir la figure 2.10). Selon M. Robert¹¹⁴, ces barres n° 6 jouent un rôle de support pour le rang d'armature du haut¹¹⁵. Elles ne sont pas structurales, car leur nombre restreint, leur trop grand espacement et l'absence d'ancrage satisfaisant dans la masse ne pouvait leur conférer qu'un rôle très limité quant à la résistance en cisaillement. Leur présence dans le viaduc est un ajout de chantier puisque les plans n'en prévoyaient pas. Le seul problème survenu sur le chantier du viaduc de la Concorde dont a eu connaissance M. Robert concernait la soudure de ces barres¹¹⁶. Il a communiqué à ce sujet avec M. Guillaume de Paoli, d'ISP. Ce dernier a fourni une soudeuse et AAM, le soudeur pour effectuer l'opération.

Les essais de chargement en laboratoire commandés par la Commission ont démontré que ces barres verticales n° 6 ont joué un rôle d'interception du plan de rupture du viaduc et contribué quelque peu à augmenter la résistance des culées aux efforts de cisaillement¹¹⁷.

Notons en dernier lieu que selon M. Dupaul, étant donné que chaque culée comportait environ 40 tonnes d'acier d'armature, la pose de l'acier d'armature a probablement nécessité de quatre à cinq jours de travail par culée¹¹⁸. De même, M. Lampron estime à une semaine environ la durée requise pour la pose de l'acier d'armature d'une culée¹¹⁹.

4.5.3.3 Fournisseur du béton des murs et des structures

Le 30 octobre 1969, ISP engageait l'entreprise Prud'Homme & Frères Itée (« Prud'Homme ») pour la fourniture de tous les matériaux requis dans le cadre de l'exécution des travaux de bétonnage pour le pavage en béton (prix forfaitaire de 175 800 \$), la bande médiane (prix forfaitaire de 23 600 \$), ainsi que les structures (prix forfaitaire de 152 900 \$)¹²⁰. Les structures en question étaient les suivantes :

Viaduc boulevard de la Concorde (plans n°s 27 à 30)	2 040 vg ³
Viaduc rue de Blois (plans n°s 31 à 34)	1 225 vg ³
Passerelle Rochefort (plans n°s 35 à 37)	252 vg ³
Murs de soutènement (plans n°s 38 à 40)	2 285 vg ³
Viaducs Saint-Martin (4) (plans n°s 41 à 47)	4 068 vg ³

Il avait donc été prévu un total de 9 870 vg³ de béton. Le prix forfaitaire comprenait les travaux suivants :

- Fourniture au chantier du béton préparé ;
- Mise en place du béton en conformité avec les devis ;

¹¹⁴ Pièce COM-35B, p. 5.

¹¹⁵ C. Robert, Transcription, 17 mai 2007, p. 74 et 75.

¹¹⁶ C. Robert, Transcription, 17 mai 2007, p. 96 et 97.

¹¹⁷ Pièce COM-62, p. 164.

¹¹⁸ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 60.

¹¹⁹ B. Lampron, Transcription, 26 avril 2007, p. 6.

¹²⁰ Pièce COM-26, p. 3 à 6.

- Finition du béton dans les parties exposées, non coffrées, telles que les trottoirs, le dessus des murs, le dessus des parapets, le dessus du tablier, etc.

Le devis n'exigeait aucune finition du béton coffré, à l'exception des nids d'abeille, des coulisses dans les formes, des aspérités ou des mauvais joints.

La compagnie Prud'Homme, dont M. Camille Deschamps était le vice-président à l'époque, se spécialisait dans la production de béton prémélangé. Cette entreprise était pratiquement le seul fournisseur de béton d'ISP et elle a participé à la construction des viaducs de la Concorde, de Blois et Saint-Martin¹²¹.

Prud'Homme a fait exécuter par Coffrage Dominion Ltée la mise en place et la finition du béton, pour un montant total de 29 610 \$ (9 870 vg³)¹²². Prud'Homme a fait affaire avec Coffrage Dominion Ltée uniquement pour ce projet.

De plus, le bétonnage des dalles et des routes aurait aussi été confié en sous-traitance à Francon Ltée¹²³.

Dans les conditions générales, le contrat passé entre ISP et Prud'Homme¹²⁴ stipule que le sous-traitant est entièrement responsable de la qualité et de la quantité des matériaux fournis au chantier.

Prud'Homme devait soumettre au laboratoire de contrôle des matériaux du chantier une copie de la formule de mélange du béton pour approbation¹²⁵. La pratique courante voulait que les mélanges de béton soient toujours préparés pour une résistance de 20 % supérieure à ce qui était demandé afin de s'assurer de répondre aux exigences du contrôle qualitatif des échantillons¹²⁶.

Le contrôle de la qualité du béton sur le chantier était assuré à la fois par le laboratoire et par Prud'Homme¹²⁷. Normalement, les deux parties s'entendaient alors pour échantillonner les mêmes camions. Ni Prud'Homme, ni ISP n'ont demandé de clarification sur les caractéristiques du béton à produire.

Constat de la Commission

Tel que détaillé au chapitre 5, le béton fourni n'avait pas les qualités requises pour résister aux cycles de gel-dégel et à l'action des sels fondants. Ainsi qu'il a été discuté à la section 4.4.4, les spécifications du devis spécial quant aux propriétés du béton à livrer au chantier étaient confuses et ne répondaient pas aux exigences de la norme canadienne CSA-A23.1-67, en vigueur à l'époque.

¹²¹ C. Deschamps, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 9 et 14.

¹²² C. Deschamps, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 11 et 12 ; Pièce COM-26, p. 13 et 21.

¹²³ Pièce COM-26, p. 22.

¹²⁴ Pièce COM-26, p. 6.

¹²⁵ C. Deschamps, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 16.

¹²⁶ C. Deschamps, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 19.

¹²⁷ C. Deschamps, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 22 et 23.

4.6 Surveillance des travaux

4.6.1 Rôle du Ministère dans la surveillance

Il incombait aux districts d'assurer le suivi des projets en cours sur leurs territoires¹²⁸. Toutefois, hormis un suivi de nature administrative dont l'objectif était de gérer les demandes de paiements et les cautionnements, le Ministère s'en remettait totalement aux ingénieurs-conseils pour la surveillance des travaux et le contrôle des matériaux¹²⁹. Le Ministère n'avait pas dans ses politiques de vérifier la surveillance de l'ingénieur¹³⁰.

M. Claude Bertin, l'ingénieur responsable du district n° 4 dans lequel le projet se déroulait, ne nommait pas de coordonnateur du Ministère pour se rendre sur les chantiers. De toute façon, il n'aurait pas eu le personnel suffisant vu le nombre élevé de projets en cours¹³¹. Tout au plus, aurait-il demandé à M. Marcel Parent, divisionnaire pour la division-4 de Montréal, de participer à une ou deux réunions en début de projet afin d'indiquer la procédure à suivre pour les demandes de paiements¹³².

M. Parent n'a cependant aucun souvenir d'avoir participé à de telles réunions, bien que son nom apparaisse sur les procès-verbaux de certaines d'entre elles¹³³. Selon sa propre expression, il servait de « *courroie de transmission* », acheminant sans les vérifier à M. Bertin, qui contrôlait le budget, les estimations progressives de l'avancement des travaux¹³⁴. M. Bertin ne pouvait donc contrôler, au mieux, que l'état d'avancement du projet¹³⁵.

4.6.2 Obligations de Desjardins Sauriol & Associés

Selon le contrat de services professionnels octroyé par le ministère de la Voirie, la surveillance complète des travaux incombait à DSA¹³⁶.

Le contrat prévoyait que les ingénieurs de DSA devaient exécuter leur travail conformément à la version en vigueur du CCDG 1945¹³⁷ du ministère de la Voirie ainsi que du *Devis de construction des ouvrages d'art majeurs*¹³⁸. Certains aspects touchant notamment à la surveillance en chantier étaient également décrits dans le devis spécial émis par DSA et approuvé par le ministère de la Voirie¹³⁹.

Plus précisément, le contrat de services professionnels définissait en détail le mandat de surveillance complète confié à DSA. Il stipulait d'abord que l'ingénieur résident avait des

¹²⁸ R. Déry, Transcription, 19 avril 2007, p. 200.

¹²⁹ R. Déry, Transcription, 19 avril 2007, p. 190 ; C. Bertin, Transcription, 25 avril 2007, p. 73 et 74.

¹³⁰ R. Déry, Transcription, 19 avril 2007, p. 190 ; C. Bertin, Transcription, 25 avril 2007, p. 87 à 90.

¹³¹ C. Bertin, Transcription, 25 avril 2007, p. 79 et 83 à 87.

¹³² C. Bertin, Transcription, 25 avril 2007, p. 82.

¹³³ M. Parent, Transcription, 25 avril 2007, p. 123 à 126.

¹³⁴ M. Parent, Transcription, 25 avril 2007, p. 119 à 121.

¹³⁵ C. Bertin, Transcription, 25 avril 2007, p. 88. MM. Bertin et Parent étaient d'ailleurs spécialisés dans les chaussées et s'y connaissaient peu eux-mêmes en structure : C. Bertin, Transcription, 25 avril 2007, p. 83 et 84.

¹³⁶ Pièce COM-18, p. 76.

¹³⁷ Pièce COM-20B.

¹³⁸ Pièce COM-20C, p. 1 à 196.

¹³⁹ Pièce COM-20A, p. 74 à 116.

responsabilités de nature administrative. En cours de construction, le surveillant devait s'assurer de produire les certificats exigés pour les paiements progressifs des travaux. À ce titre, DSA devait fournir, une fois par mois ou plus souvent, un rapport écrit sur la nature et l'ampleur des travaux exécutés¹⁴⁰. Elle devait aussi préparer les estimations cumulatives et détaillées du coût des travaux exécutés jusqu'alors.

Afin de mieux suivre le programme et la marche des travaux, il était nécessaire de tenir des assemblées hebdomadaires¹⁴¹. Ces assemblées réunissaient principalement les mandataires autorisés du ministère de la Voirie – donc, dans le cas présent, DSA – et ceux de l'entrepreneur. À chaque réunion, l'entrepreneur devait produire son programme de construction, selon la méthode du cheminement critique, constamment remis à jour et révisé suivant la marche des travaux. DSA devait alors s'assurer que l'entrepreneur et ses sous-traitants remplissaient leurs obligations et elle devait indiquer les retards par rapport aux échéanciers initialement prévus.

Le mandat de surveillance complète comportait un volet technique de vérification de la conformité des travaux aux plans et devis, de vérification des plans d'atelier ainsi que l'établissement des règles et des procédures pour encadrer le processus de la construction¹⁴². DSA devait assurer la présence permanente au chantier de personnel compétent de surveillance, et ce, en nombre suffisant¹⁴³. DSA devait également tenir ses ingénieurs et ses techniciens à la disposition du ministère de la Voirie et de ses représentants autorisés pour fournir tous les renseignements requis. DSA devait aussi donner aux entrepreneurs les renseignements et avis nécessaires sur la réalisation des travaux suivant les plans et devis.

Le contrat de services professionnels stipulait que DSA ne pouvait, sans l'autorisation écrite du ministère de la Voirie, modifier, restreindre ou annuler des clauses dudit contrat, donner des instructions contraires aux stipulations des devis, ou modifier les plans, croquis ou esquisses approuvés par le Ministère. L'acceptation définitive des travaux revenait au ministère de la Voirie.

4.6.3 Organisation de chantier de Desjardins Sauriol & Associés

La surveillance du chantier des viaducs de la Concorde et de Blois a fait l'objet de témoignages contradictoires lors des audiences de la Commission.

M. Claude Roberge, ingénieur en structures chez DSA, reconnaît que cette entreprise était chargée de la surveillance des travaux de la chaussée, mais il dit ignorer qui était responsable de la surveillance des structures¹⁴⁴. Selon MM. Therrien¹⁴⁵ et Dupaul¹⁴⁶, la construction des structures aurait été placée sous la supervision de l'ingénieur Marcel Dubois, lui-même assisté du technicien Normand Plouffe.

¹⁴⁰ Pièce COM-18, p. 81 et 89.

¹⁴¹ Pièce COM-20A, p. 80.

¹⁴² Pièce COM-18, p. 88 et 90.

¹⁴³ Pièce COM-18, p. 88.

¹⁴⁴ C. Roberge, Transcription, 17 avril 2007, p. 47.

¹⁴⁵ R. Therrien, Transcription, 17 avril 2007, p. 192.

¹⁴⁶ G. Dupaul, Transcription, 18 avril 2007, p. 63.

Selon M. Claude Bertin, du Ministère¹⁴⁷, c'est l'ingénieur Dubois, de chez DSA, qui était responsable de la surveillance sur le chantier de l'autoroute. D'après M. Camille Deschamps¹⁴⁸, de Prud'Homme, M. Plouffe était le surveillant du contrôle de la qualité des travaux sur l'autoroute 19, y compris celle des structures.

Lors de leurs témoignages, MM. Dubois et Plouffe ont reconnu avoir agi comme surveillants des travaux de voirie du prolongement de l'autoroute Papineau-Leblanc et comme résidents au chantier¹⁴⁹. Ils ont cependant commencé par nier avoir participé de quelque façon que ce soit à la surveillance des travaux de construction des viaducs. Ils ont déclaré qu'ils n'en avaient pas la compétence mais, M. Dubois, par la suite, déclarait qu'il en avait surveillé plusieurs¹⁵⁰.

M. Dubois a affirmé ne pas avoir les connaissances pour inspecter les coffrages des structures et vérifier la position des barres d'armature dans des porte-à-faux¹⁵¹. Il a été contredit sur ce point par M. de Paoli, qui travaillait pour ISP au projet de l'autoroute 19 en sa qualité d'ingénieur, en particulier pour la construction du viaduc du boulevard Gouin. M. de Paoli a déclaré que M. Dubois était l'ingénieur responsable de la surveillance de tous les travaux, viaduc compris. M. Dubois a admis avoir été tout au plus le responsable administratif des projets de viaduc¹⁵². Cependant, M. Plouffe et lui ont insisté sur le fait qu'ils n'étaient pas responsables de la surveillance des travaux des viaducs. Selon eux, cette tâche était confiée au département des structures de DSA.

Selon M. Dubois, M. Therrien aurait envoyé un mémo interne chez DSA demandant que tous les viaducs ou structures, dont la conception était réalisée par le département « Charpente » de DSA, soient vérifiés par un représentant de ce département avant les coulées de béton¹⁵³. Cependant, MM. Dubois et Plouffe, non plus que M. Therrien, n'ont pu identifier la personne du département « Charpente » qui aurait agi dans cette fonction, si tant est qu'elle ait été exécutée.

M. Plouffe affirme s'être occupé de la surveillance de travaux de voirie et de murs de soutènement pour le contrat de l'autoroute 19. Il préparait des estimations progressives et rencontrait M. Lampron à ce sujet une fois par mois, mais il ne se souvient pas avoir participé à la surveillance de la construction des viaducs¹⁵⁴. Il ne se souvient pas et ne croit pas s'être occupé des estimations progressives concernant les viaducs¹⁵⁵. M. Plouffe se rappelle avoir eu la responsabilité d'implanter les fondations des culées des viaducs, mais il ne se souvient pas avoir fait d'autres relevés d'arpentage pour les culées¹⁵⁶. Toutefois, M. Plouffe se souvient avoir communiqué à une occasion avec M. Dupaul au sujet d'une flaque d'eau qui s'était formée après le bétonnage sur l'un des viaducs du projet de l'autoroute 19¹⁵⁷.

Outre M. Plouffe, un autre technicien en surveillance de chantier de DSA, M. Zoël McGrath, se souvient avoir travaillé à la réalisation de l'autoroute 19. Il croit avoir été sur ce chantier

¹⁴⁷ C. Bertin, Transcription, 25 avril 2007, p. 76.

¹⁴⁸ C. Deschamps, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 29 et 30.

¹⁴⁹ M. Dubois, Transcription, 24 avril 2007, p. 39 à 41 ; N. Plouffe, Transcription, 24 avril 2007, p. 228 et 229.

¹⁵⁰ M. Dubois, Transcription, 24 avril 2007, p. 18 et 19.

¹⁵¹ M. Dubois, Transcription, 24 avril 2007, p. 107.

¹⁵² M. Dubois, Transcription, 24 avril 2007, p. 138.

¹⁵³ M. Dubois, Transcription, 24 avril 2007, p. 22.

¹⁵⁴ N. Plouffe, Transcription, 24 avril 2007, p. 228, 229, 238 et 239.

¹⁵⁵ N. Plouffe, Transcription, 24 avril 2007, p. 239.

¹⁵⁶ N. Plouffe, Transcription, 24 avril 2007, p. 249.

¹⁵⁷ N. Plouffe, Transcription, 24 avril 2007, p. 231.

environ un mois, au cours des vacances de M. Plouffe¹⁵⁸. M. McGrath a aussi réalisé quelques inspections à l'usine de Francon Itée durant la fabrication des poutres de béton précontraint afin de vérifier la position des câbles et la tension appliquée sur ces derniers¹⁵⁹.

M. McGrath ne se souvient pas avoir surveillé les viaducs de Blois et de la Concorde et ne sait pas qui d'autre aurait pu en être chargé chez DSA¹⁶⁰. Il se rappelle qu'il a fait de la surveillance sur un des viaducs du boulevard Saint-Martin, où il a vu les plans de la fausse charpente et les a examinés avec M. Gilles Dupaul. M. McGrath allait régulièrement sur le chantier, car son rôle consistait à vérifier les dimensions des coffrages et la disposition des barres d'armature. M. McGrath se souvient notamment d'un problème de vibration du béton relié au fait que les barres d'armature étaient trop rapprochées les unes des autres¹⁶¹. M. Dupaul était alors venu sur le chantier et avait décidé de réduire le nombre de barres principales, mais d'utiliser des barres d'armature d'un diamètre supérieur¹⁶².

4.6.3.1 Moment de la surveillance

Appelé à commenter de façon générale sa pratique de surveillance de la pose des aciers d'armature¹⁶³, M. Dubois affirme qu'il est possible d'attendre juste avant le bétonnage pour s'acquitter de cette tâche. Il admet cependant que cette façon de faire comporte un risque important. En effet, il est alors plus long et coûteux de corriger d'éventuelles erreurs que lorsque la surveillance est réalisée au cours de la pose de l'acier d'armature. M. Plouffe déclare également que l'inspection se faisait seulement avant le bétonnage¹⁶⁴.

Cette inspection était complétée par une personne expérimentée en pose d'acier d'armature ou, idéalement, qui avait participé à l'élaboration des plans. Ensuite, cette personne faisait son rapport directement à l'entrepreneur ou à M. Plouffe¹⁶⁵. Ce dernier ne se souvient pas avoir appelé quelqu'un du département « Charpente » pour aller vérifier la mise en place de l'acier d'armature¹⁶⁶.

En observant la photo d'une fenêtre d'observation pratiquée dans la culée est du côté nord du viaduc de la Concorde, M. McGrath constate que les étriers passent sous les barres n° 7, ce qu'il n'aurait pas accepté dans un chantier¹⁶⁷. Dans une telle situation, il aurait signalé le fait sans attendre la fin de la pose de l'acier d'armature. D'après lui, le surveillant qui constaterait ce problème une fois toutes les barres d'armature mises en place devrait demander que le travail soit repris. M. McGrath croit que cette erreur s'est répétée sur les deux culées des viaducs de Blois et de la Concorde, étant donné que les surveillants n'étaient pas présents ou qu'ils avaient mal interprété la façon de disposer ces barres¹⁶⁸.

¹⁵⁸ Z. McGrath, Transcription, 24 avril 2007, p. 277 et 278.

¹⁵⁹ Z. McGrath, Transcription, 24 avril 2007, p. 279.

¹⁶⁰ Z. McGrath, Transcription, 24 avril 2007, p. 285.

¹⁶¹ Z. McGrath, Transcription, 24 avril 2007, p. 281 et 282.

¹⁶² Z. McGrath, Transcription, 24 avril 2007, p. 282.

¹⁶³ M. Dubois, Transcription, 24 avril 2007, p. 136, et 1^{er} mai 2007, p. 58.

¹⁶⁴ N. Plouffe, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 118 à 120.

¹⁶⁵ M. Dubois, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 59 et 60.

¹⁶⁶ N. Plouffe, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 125.

¹⁶⁷ Pièce COM-35C.

¹⁶⁸ Z. McGrath, Transcription, 25 avril 2007, p. 13.

Constats de la Commission

Le contrat de services professionnels de DSA était conforme aux meilleures pratiques de l'époque de la construction du viaduc de la Concorde, voire même à celles d'aujourd'hui.

Le personnel de DSA présent sur le chantier, M. Marcel Dubois, ingénieur, présent à temps partiel, et M. Normand Plouffe, technicien, présent à temps plein, ont affirmé dans leurs témoignages que leur responsabilité consistait principalement à surveiller les travaux de l'autoroute proprement dite. Quant aux structures (les viaducs), selon eux, il revenait au personnel de l'entrepreneur de demander l'intervention des personnes de DSA spécialisées en surveillance des structures, soit directement, soit auprès du personnel de chantier de DSA. En cela, ils décrivent une situation qui, au mieux, correspondrait, pour les deux viaducs, à une surveillance *partielle*. Pourtant, le contrat liant DSA au Ministère confiait à cette firme la responsabilité d'une surveillance *complète* des travaux, y compris ceux qui touchaient aux structures. DSA n'a donc pas exécuté la surveillance des structures conformément à son contrat.

Or, comme la preuve l'a établi, le manque de surveillance lors de la construction des structures a fait en sorte que l'on n'a pas détecté la mise en place inadéquate des aciers d'armature dans les culées des viaducs de la Concorde et de Blois.

La Commission est d'avis qu'il est impossible de déterminer qui du personnel de DSA à son siège social serait intervenu dans la surveillance des viaducs. Il en est de même quant au rôle réellement joué par MM. Dubois et Plouffe. Leurs témoignages sont équivoques sur ces deux questions. Quant à M. Dupaul, le principal concepteur du viaduc de la Concorde, il a témoigné que ce n'était pas lui. M. Therrien a affirmé que cette surveillance incombait à DSA, sans pouvoir préciser qui était intervenu, si tant est que des interventions à partir du siège social de DSA aient eu lieu.

Par ailleurs, la Commission est d'avis que la meilleure pratique en matière de surveillance était celle que prévoyait le contrat liant DSA au Ministère, à savoir la présence permanente de surveillants sur le chantier et non, comme l'affirme M. Dubois pour ce qui est des viaducs, une inspection juste avant la pose du béton.

Les témoignages des personnes reliées à la construction ont établi qu'il fallait effectuer une inspection avant chaque mise en place du béton et que la surveillance devait autoriser spécifiquement le bétonnage. Ils ont aussi reconnu que ces autorisations n'avaient pas été données par écrit, contrairement aux exigences du contrat et des bonnes pratiques, et qu'on a pu les donner verbalement.

La Commission blâme DSA, son surveillant de chantier l'ingénieur Marcel Dubois et ses dirigeants responsables du chantier pour avoir manqué à leurs obligations contractuelles d'assurer une surveillance complète des viaducs lors de la construction et ainsi de ne pas avoir prévenu la mise en place fautive des armatures, résultant en un ouvrage non conforme aux plans et devis.

4.6.4 Obligations d'Inter State Paving inc.

Les obligations de l'entrepreneur ont été exposées à la section 4.5.1. L'entrepreneur devait effectuer les travaux selon les plans et devis, conformément aux règles de l'art et à la satisfaction de l'ingénieur agissant à titre de représentant autorisé de DSA. L'entrepreneur n'est pas déchargé de ses responsabilités contractuelles par la surveillance adéquate de l'ingénieur, ni par son absence. Cette absence de surveillance par l'ingénieur-conseil ne peut tout simplement pas être invoquée par l'entrepreneur pour justifier la non-conformité des travaux aux plans et devis¹⁶⁹.

Le *Devis de construction des ouvrages d'art majeurs*, édition de mai 1968, est plus rigoureux en ce qui a trait au béton :

- L'entrepreneur devait aviser l'ingénieur au moins 48 heures à l'avance quand il projetait de faire un bétonnage¹⁷⁰ ;
- L'entrepreneur ne pouvait faire aucun bétonnage avant que l'ingénieur n'ait inspecté et accepté les coffrages¹⁷¹ ;
- L'entrepreneur devait vérifier les quantités et les dimensions des armatures prévues au bordereau¹⁷².

Par ailleurs, le CCDG 1945 précisait que les exigences relatives à la compétence s'appliquaient également aux ingénieurs employés par l'entrepreneur pour diriger les travaux.

4.6.5 Organisation de chantier d'Inter State Paving inc.

Selon M. Lampron, M. Normand Plouffe de DSA, s'occupait de la surveillance des travaux de l'autoroute, de même que des viaducs, et ce dernier n'aurait jamais donné l'autorisation de bétonner sans s'être assuré que la position des armatures avait été vérifiée¹⁷³.

M. Lampron donnait un préavis de 24 heures avant la coulée de béton et l'autorisation de bétonner arrivait dans ce délai¹⁷⁴. M. Lampron ne peut confirmer que, dans le cas du viaduc de la Concorde, quelqu'un soit venu donner une autorisation, mais il affirme que M. Plouffe lui aurait donné une autorisation verbale de bétonner. M. McGrath soutient également que l'autorisation de bétonnage était donnée verbalement sur le chantier¹⁷⁵. Au moment du bétonnage, M. Lampron vérifiait lui-même uniquement les éléments tels les drains, les joints et les conduites¹⁷⁶.

Or, la preuve établit qu'ISP n'a pas vérifié la conformité de la construction des structures aux plans et devis. Elle démontre également une complète déresponsabilisation des sous-traitants

¹⁶⁹ Pièce COM-20B, p. 28 et 29.

¹⁷⁰ Pièce COM-20C, p. 37.

¹⁷¹ Pièce COM-20C, p. 40.

¹⁷² Pièce COM-20C, p. 47.

¹⁷³ B. Lampron, Transcription, 25 avril 2007, p. 216, 223, 224 et 262.

¹⁷⁴ B. Lampron, Transcription, 26 avril 2007, p. 15.

¹⁷⁵ Z. McGrath, Transcription, 25 avril 2007, p. 15 et 16.

¹⁷⁶ B. Lampron, Transcription, 25 avril 2007, p. 256 et 257.

et de leurs propres sous-traitants, les uns et les autres omettant de vérifier si l'acier d'armature était posé conformément aux plans et devis. La surveillance par l'ingénieur-conseil ne s'est pas effectuée de façon à vérifier adéquatement que les aciers avaient été posés selon les indications des plans et devis.

En effet, il apparaît qu'au chantier, le surintendant et le contremaître des poseurs d'armature ne vérifiaient que le nombre de paquets d'acier, afin de s'assurer qu'il n'en manquait pas¹⁷⁷. M. Ménard affirme également qu'il n'y avait probablement pas de vérification après le pliage des barres¹⁷⁸.

Personne de chez AAM ne surveillait les travaux des poseurs d'armature¹⁷⁹. Selon M. Claude Robert, ancien président de cette firme, le surveillant des ingénieurs-conseils était la seule personne sur le chantier responsable de s'assurer que le travail était fait correctement¹⁸⁰. D'après lui, les sous-traitants d'AAM n'avaient pas de responsabilité à cet égard, bien que le poseur d'armature puisse signaler certains problèmes directement au surveillant afin d'éviter des pertes de temps¹⁸¹.

M. Claude Robert a affirmé qu'il n'était pas allé sur le chantier d'ISP, ni d'ailleurs personne de son équipe¹⁸². Selon lui, il revient à chacun de savoir ce qu'il a à faire : « *Je ne peux pas avoir un autre poseur pour surveiller le poseur.* »¹⁸³

Ainsi, même si le poseur d'armature était présent lors de l'autorisation de bétonnage, il n'y avait pas de chaîne de surveillance entre les sous-traitants et leurs propres sous-traitants sur le chantier¹⁸⁴.

Constats de la Commission

Les travaux de la Commission ont démontré que les aciers d'armature ont été mal placés, ce qui allait entraîner des conséquences importantes qui seront discutées au chapitre 5.

La Commission constate qu'ISP n'a pas assumé la responsabilité de s'assurer de la conformité des ouvrages aux plans et devis et n'a pas assumé la responsabilité première de l'entrepreneur du contrôle de la qualité, s'en remettant aux sous-traitants et aux ingénieurs-conseils.

La Commission constate aussi que, tout comme ISP, AAM s'en remettait soit au surveillant, soit à ses propres sous-traitants et que cette entreprise ne s'est pas assurée que l'acier d'armature était posé conformément aux plans et devis.

¹⁷⁷ C. Robert, Transcription, 17 mai 2007, p. 34.

¹⁷⁸ J. Ménard, Transcription, 17 mai 2007, p. 177.

¹⁷⁹ C. Robert, Transcription, 17 mai 2007, p. 98.

¹⁸⁰ C. Robert, Transcription, 17 mai 2007, p. 100.

¹⁸¹ C. Robert, Transcription, 17 mai 2007, p. 83.

¹⁸² C. Robert, Transcription, 17 mai 2007, p. 36 à 38.

¹⁸³ C. Robert, Transcription, 17 mai 2007, p. 101.

¹⁸⁴ C. Robert, Transcription, 17 mai 2007, p. 82, 83 et 97 à 100.

La Commission blâme donc l'entrepreneur ISP et ses dirigeants responsables du chantier ; elle blâme également AAM et son président, M. Claude Robert, pour n'avoir pas contrôlé adéquatement la qualité du travail exécuté.

4.6.6 Laboratoires Ville-Marie inc. et contrôle des matériaux

Selon le contrat de services professionnels, DSA était responsable du contrôle qualitatif des sols, du béton de ciment, des aciers d'armature et de structure, ainsi que des bétons bitumineux. Elle se fera assister dans cette responsabilité par sa filiale, Laboratoires Ville-Marie inc. (« LVM »).

Les activités reliées au contrôle des matériaux étaient définies et régies par différents documents. Ainsi, les annexes du contrat de services professionnels entre le ministère de la Voirie et DSA précisait que les travaux de contrôle des matériaux devaient être réalisés conformément aux plans¹⁸⁵, aux exigences du devis spécial¹⁸⁶ et à celles du CCDG 1945 du ministère de la Voirie¹⁸⁷, de même qu'aux amendements apportés au CCDG en 1961.

Le *Devis de construction des ouvrages d'art majeurs* de 1968¹⁸⁸ ainsi que les Annexes C et D du contrat de services professionnels entre DSA et le ministère de la Voirie¹⁸⁹ apportaient des précisions quant aux obligations des intervenants et aux spécificités ou exigences des travaux à effectuer relativement au contrôle qualitatif du béton de ciment et des aciers d'armature.

Le contrat de services professionnels prévoyait que DSA, ou le laboratoire collaborateur à qui DSA pouvait confier certaines responsabilités du contrôle qualitatif, devait échantillonner tous les matériaux utilisés pour la fabrication du béton et procéder à tous les essais en laboratoire sur les agrégats pour en vérifier la qualité. Il devait également approuver les formules de mélange de béton. Lors de l'exécution des coulées, DSA ou le laboratoire devaient vérifier la fabrication des mélanges, leur transport, la mise en place et la finition, la consolidation, ainsi que la protection du béton. Ses représentants avaient la responsabilité de faire des mesures de la température, de la maniabilité et de la teneur en air des mélanges de béton frais. Ils devaient rejeter tout béton qui ne respectait pas les spécifications à la suite des vérifications effectuées au chantier, soit l'essai à l'affaissement et l'essai de teneur en air, ou encore tout béton qui avait commencé sa prise initiale avant sa mise en place.

Le contrat imposait l'obligation à DSA, ou à son laboratoire collaborateur, de prélever des cylindres et de faire les essais requis, conformément aux méthodes en cours au Laboratoire des Essais et Expertises du ministère de la Voirie. Pour tous les ouvrages en béton de ciment, il fallait prélever trois cylindres de béton chaque fois que 100 verges cubes de béton étaient coulées. Cette proportion diminuait à trois cylindres par 250 verges cubes de béton dans le cas d'ouvrages massifs¹⁹⁰. En aucun cas, l'échantillonnage et les essais ne devaient être inférieurs à une série de trois cylindres par coulée de béton, par jour de travail, par partie d'ouvrage et par

¹⁸⁵ Pièce COM-19.

¹⁸⁶ Pièce COM-20A, p. 74 à 116.

¹⁸⁷ Pièce COM-20B.

¹⁸⁸ Pièce COM-20C, p. 1 à 196.

¹⁸⁹ Pièce COM-18, p. 76 à 222.

¹⁹⁰ Pièce COM-18, p. 160 et 161.

équipe de travail. L'entrepreneur devait entreposer ces cylindres de béton dans des conditions adéquates de mûrissement¹⁹¹.

DSA devait aussi s'assurer que la fausse charpente sous la structure en béton armé ne soit pas enlevée avant que le béton n'atteigne une résistance minimale correspondant à 70 % de sa résistance en compression nominale, et ce, alors qu'aucune charge vive ne circule sur la structure¹⁹². La vérification de cette capacité devait se faire par des essais sur des cylindres témoins mûris dans les mêmes conditions que le béton de la structure.

En ce qui concerne les aciers d'armature, l'Annexe D du contrat de services professionnels¹⁹³ prévoyait à l'article IV, Bf), que la société devait « *s'assurer que les pièces épousent bien les formes demandées par les plans au moment du formage.* »¹⁹⁴ Il s'agit d'une obligation distincte et supplémentaire du mandat de surveillance décrit à l'article IX du contrat de services professionnels. Cette obligation aurait dû être remplie par DSA ou par LVM¹⁹⁵.

Il faut aussi retenir que le contrat de services professionnels stipulait que la société d'ingénieurs-conseils DSA demeurait « *pleinement responsable de tous les travaux confiés par elle à des laboratoires collaborateurs* »¹⁹⁶.

Lors d'un premier témoignage, M. Dubois a affirmé que DSA n'avait pas fourni les services du laboratoire pour les viaducs de l'autoroute 19, chantier dont il avait la surveillance. Il a plus tard corrigé son témoignage pour admettre que LVM avait bien fourni ces services, ce qu'est venu confirmer M. André Dion, responsable des matériaux en 1969 pour LVM¹⁹⁷.

Selon M. Dion, LVM était chargé du contrôle des matériaux pour la route et pour les viaducs du projet de l'autoroute 19¹⁹⁸. Sur le chantier, LVM travaillait sous l'autorité de DSA¹⁹⁹. Selon les quelques procès-verbaux que la Commission a pu consulter, deux employés de LVM assistaient aux réunions de chantier, soit MM. André Dion et René Isabelle²⁰⁰.

Constats de la Commission

Aucun des rapports de laboratoire ou mémos transmis par Laboratoires Ville-Marie inc. à l'ingénieur résident n'ont pu être retrouvés ni déposés en preuve devant la Commission. Par ailleurs, les témoins n'avaient mémoire d'aucun fait notable concernant la qualité du béton, sauf pour un cas de possibilité de gel.

Faute de preuve pertinente, la Commission ne peut donc exprimer une opinion sur les services du laboratoire. Tout au plus, la Commission retient que le béton des culées était généralement conforme au type A, soit la qualité moindre des deux types spécifiés au devis, tel que plus amplement détaillé au chapitre 5.

¹⁹¹ Pièce COM-18, p. 160.

¹⁹² La résistance en compression (f'_c) est la résistance en compression après 28 jours, telle que déterminée selon les exigences de la norme CSA-A 23.1.

¹⁹³ Pièce COM-18, p. 175.

¹⁹⁴ Pièce COM-18, p. 183.

¹⁹⁵ Pièce COM-18, p. 88.

¹⁹⁶ Pièce COM-18, p. 87 et 92.

¹⁹⁷ A. Dion, Transcription, 25 avril 2007, p. 32 à 34.

¹⁹⁸ A. Dion, Transcription, 25 avril 2007, p. 32 et 33.

¹⁹⁹ A. Dion, Transcription, 25 avril 2007, p. 24 et 25.

²⁰⁰ Pièce COM-27. M. Isabelle est maintenant décédé.

4.6.7 Acceptation finale des travaux

Le 8 novembre 1971, le ministère de la Voirie prenait officiellement possession du viaduc de la Concorde. M. Claude Bertin a déclaré à la Commission avoir eu l'impression que l'acceptation des travaux ne concernait pas les structures puisque le viaduc était ouvert à la circulation depuis quelque temps déjà²⁰¹. Néanmoins, M. Marcel Parent et lui ont concédé qu'il n'y avait aucun spécialiste en structures parmi les représentants du Ministère au moment de la prise de possession²⁰². Il est donc apparu que cette formalité ne comprenait aucune étape de vérification des dossiers ni d'inspection détaillée de l'ouvrage lui-même.

4.7 Inspection, entretien et réparations durant la vie de l'ouvrage**4.7.1 Organisation administrative du Ministère²⁰³**

Selon l'organisation du Ministère en 1971, le viaduc de la Concorde se trouvait sous la responsabilité du District n° 4 qui couvrait l'île de Montréal, l'île de Laval et le comté Vaudreuil-Soulanges. En 1993, une réorganisation administrative a subdivisé autrement le territoire québécois et créé les directions territoriales. Depuis lors, le viaduc de la Concorde relève de la Direction territoriale de Laval-Mille-Îles²⁰⁴.

La Direction territoriale de Laval-Mille-Îles partage la responsabilité du viaduc de la Concorde avec la Ville de Laval. En pratique, le MTQ assure toutes les inspections de l'ouvrage et l'entretien de ses éléments structuraux. Ainsi, à toutes fins utiles, pour des questions de structure, le viaduc de la Concorde relève du MTQ depuis sa construction. De son côté, la Ville de Laval voit à l'entretien de la chaussée, des trottoirs, des garde-corps, du drainage et de l'éclairage. Ce partage demeurera jusqu'à l'effondrement du viaduc²⁰⁵.

Comme chaque direction territoriale (« DT »), celle de Laval-Mille-Îles regroupe les services suivants en ce qui concerne les structures :

- Service de liaison avec les partenaires et les usagers ;
- Service des projets (responsable des travaux d'entretien et de réparations des structures) ;
- Service des inventaires et du plan (responsable des inspections des structures) ;
- Service du soutien à la gestion.

²⁰¹ C. Bertin, Transcription, 25 avril 2007, p. 93 à 97.

²⁰² M. Parent, Transcription, 25 avril 2007, p.127 à 130 ; C. Bertin, Transcription, 25 avril 2007, p. 91 à 97.

²⁰³ Le ministère de la Voirie deviendra en 1972 le ministère des Transports et des Travaux publics et, en 1973, le ministère des Transports.

²⁰⁴ L'organigramme de la Direction territoriale de Laval-Mille-Îles se trouve à la Pièce COM-3, p. 20.

²⁰⁵ En 1993, le gouvernement du Québec a modifié la gestion du réseau routier pour transférer aux municipalités locales la propriété de la voirie locale. La *Loi sur la voirie et modifiant diverses dispositions législatives* (L. Q. 1992, c. 54) prévoyait les modalités d'application de cette décentralisation. En vertu de cette loi, le MTQ demeure responsable de la gestion des routes identifiées par décret. Il doit aussi inspecter les structures à responsabilité partagée et entretenir leurs éléments structuraux. Quant aux municipalités, elles continuent d'être responsables de l'entretien de la chaussée, des trottoirs, des garde-corps, du drainage et de l'éclairage. Certains éléments suscitent des problèmes d'interprétation. C'est le cas, par exemple, des joints de dilatation, dont on peut considérer qu'ils font partie soit de la structure, soit de la chaussée. Le Ministère accepte généralement de défrayer les coûts de réparation pour ces éléments qui ne tombent pas clairement sous la responsabilité des municipalités : Pièce COM-60, p. 58 à 61. Cette question de la responsabilité partagée est expliquée en détail à l'Annexe 19, Note complémentaire n° 2.

Les directions territoriales sont assistées dans la réalisation de leur mandat par la Direction des structures (la « DS »), qui regroupe des spécialistes dans le domaine des ouvrages d'art. Cette direction joue un rôle normatif en élaborant des manuels et des documents de référence, de même qu'en veillant au développement et à la mise à jour des connaissances du personnel du MTQ. Elle effectue également des travaux de recherche et assure un suivi des avancées technologiques. Elle répond aux demandes d'assistance technique provenant des directions territoriales et fournit une expertise de pointe en matière de structures, tant au personnel du Ministère qu'à l'externe. Enfin, elle soutient les directions territoriales dans la gestion des structures placées sous leur responsabilité et voit à l'implantation des systèmes de gestion adéquats²⁰⁶. En résumé, c'est vers la Direction des structures que se tournera spontanément une direction territoriale requérant un surcroît d'expertise²⁰⁷.

4.7.2 Dossier de l'ouvrage

Le dossier de l'ouvrage est un élément essentiel pour assurer le suivi de l'ouvrage dans son évolution et pour identifier les problèmes ainsi que les points faibles exigeant une surveillance particulière. Les travaux de la Commission ont mis en lumière de nombreuses insuffisances concernant la tenue du dossier du viaduc de la Concorde.

Les documents relatifs à une structure sont conservés en trois endroits²⁰⁸, soit à la direction territoriale, à la Direction des structures à Québec, et aux archives, lesquelles comprennent le Centre de documentation semi-actif²⁰⁹ et les Archives nationales du Québec. Ces documents, tous dossiers confondus, doivent inclure notamment, sur support papier ou numérique, les plans « tel que construit », les rapports d'inspection, les photos, la correspondance échangée à propos de l'ouvrage, la fiche d'inventaire, la fiche résumant les interventions réalisées et une fiche de généralités²¹⁰.

Dans le cas particulier du viaduc de la Concorde :

- Les dossiers de la Direction territoriale de Laval-Mille-Îles et de la Direction des structures étaient incomplets. Certains documents auraient été égarés lors de la réorganisation territoriale de 1993 ;
- Des plans étaient classés dans les dossiers de la direction territoriale et de la Direction des structures²¹¹, mais pas dans la version « tel que construit ». Ceux remis par le MTQ sont datés du 31 juillet 1969 alors que ceux remis par l'ingénieur Gilles Dupaul comportent une dernière révision en date du 17 août 1970²¹² ;
- Le bordereau détaillant les aciers d'armature n'apparaissait pas sur les plans et ne se

²⁰⁶ Pièce COM-8, p. 4.

²⁰⁷ Une description plus détaillée du rôle de la Direction des structures et de ses trois services se trouve à l'Annexe 19, Note complémentaire n° 3.

²⁰⁸ G. Richard, Transcription, 16 mai 2007, p. 168.

²⁰⁹ Ce centre conserve le *dossier Dalton* : C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 220.

²¹⁰ Pour une description plus complète du contenu des différents dossiers, voir l'Annexe 19, Note complémentaire n° 4.

²¹¹ G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 178 et A.-M. Leclerc, Transcription, 12 avril 2007, p. 225 et 226.

²¹² Le MTQ pense toutefois que les changements apportés entre les deux versions étaient « *des détails, c'étaient des conduites électriques qui avaient été rajoutées sur le pont, des choses comme ça* », qui ne changeaient pas les calculs de la capacité portante du pont : G. Richard et A.-M. Leclerc, Transcription, 12 avril 2007, p. 225 et 229 à 231.

trouvait pas dans les dossiers²¹³. Il n'a donc pas été retrouvé. Il est à noter que le calendrier de conservation en vigueur à l'époque du chantier de construction ne prévoyait rien au sujet de ce type de document²¹⁴ ;

- Le dossier de la direction territoriale ne contenait que des informations parcellaires relativement aux réparations effectuées en 1992²¹⁵, comme le décrit plus amplement la section *Recherche et conservation de documents* du chapitre 3. Le dossier de la Direction des structures ne comportait pas d'informations à ce sujet²¹⁶. Il faut rappeler à cet égard qu'une partie des notes de M. Tiona Sanogo, l'ingénieur responsable de ces travaux, et les photos prises en cours de chantier furent retrouvées en cours d'audience dans une boîte entreposée au Centre des documents semi-actifs, mais que cette découverte relevait de la chance puisque selon le calendrier de conservation en vigueur, cette boîte aurait dû être détruite en 2005.

Constat de la Commission

La Commission a constaté que des informations importantes n'étaient pas disponibles ou facilement accessibles aux responsables de l'inspection ou de la réparation des structures. La Commission blâme le MTQ pour son manque de rigueur dans la tenue du dossier du viaduc de la Concorde. La Commission est d'avis qu'un effort particulier (déjà entrepris selon les témoins du MTQ) doit être fait pour que les dossiers soient regroupés et maintenus avec rigueur. Ils doivent être complets et accessibles à tous les intervenants du système d'inspection, d'entretien, d'évaluation structurale et de réparation des structures.

4

4.7.3 Inspections, entretien et réparations réalisés avant 1992

Les inspections sont au cœur de la vie de l'ouvrage. Elles permettent d'en évaluer la condition et de déterminer les travaux requis pour le maintenir en bon état²¹⁷.

La Commission n'a pu retrouver que peu d'information sur les inspections réalisées avant 1985. Les documents relatifs aux inspections de 1977 et 1978 ne font état d'aucune anomalie majeure. Un rapport de 1980 note que le joint de dilatation coule et contient un estimé de coûts de réparation. Ce rapport comporte la mention : « *Oublié, on en a trop à faire* ». Des rapports datés de 1982 et de 1984 laissent entrevoir une annotation à peine lisible voulant que le viaduc ait été jugé en bon état, mais sans plus de détails²¹⁸.

En 1985, M. Drasko Simic, ingénieur, est entré au service de la section entretien à la direction régionale 6-3. Il est devenu responsable des inspections pour cette région en 1987 ou 1988²¹⁹. M. Simic mentionne qu'il a une formation en structures et en matériaux. Son curriculum vitæ

²¹³ G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 178 et A.-M. Leclerc, Transcription, 12 avril 2007, p. 227.

²¹⁴ A.-M. Leclerc, Transcription, 12 avril 2007, p. 227 à 229.

²¹⁵ G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 236 à 238.

²¹⁶ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 223.

²¹⁷ Annexe 19, la Note complémentaire n° 5 donne une description complète du programme d'inspection du Ministère, incluant les différents types d'inspection, la qualification des inspecteurs, les manuels et les outils à leur disposition.

²¹⁸ Pièce COM-31B, p. 4 à 12.

²¹⁹ Pièce COM-53, p. 5 ; D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 162 à 164.

fait état d'un baccalauréat en génie civil²²⁰. Il a aussi suivi la formation assurée par le MTQ. Il a personnellement procédé aux diverses inspections de 1985 à 1991 ou vérifié les rapports remplis par l'inspecteur attitré²²¹.

De 1985 à 1991, la description générale indique que le viaduc de la Concorde demeure en bon état, mais les indices de détérioration deviennent toujours plus nombreux. Les signes de désagrégation et d'éclatement du béton se multiplient. Toutefois, ils sont mentionnés dans les rapports d'inspection sans détails précis et ne font pas toujours l'objet de photos.

Tous les rapports d'inspection produits durant ces années signalent que les joints de dilatation continuent de couler. Ils ne seront d'ailleurs pas réparés, même si M. Simic avait noté le problème dès 1985²²² et indiqué qu'ils devaient faire l'objet d'une intervention avant 1988. Interrogé à ce sujet, M. Simic a expliqué que son premier diagnostic était peut-être un peu hâtif, en raison de son inexpérience²²³.

Par ailleurs, une première photo des assises prise en 1985 montre une désagrégation du béton au niveau de la chaise, l'apparition des premières fissures et les premiers signes de taches d'efflorescence (bien que le rapport de 1985 ne fasse lui-même mention que d'un léger éclatement de béton)²²⁴.

Au cours de ces années, aucune inspection en profondeur ne fut réalisée par un expert en conception et construction de la Direction des structures, et ce, même si le manuel en vigueur pour les inspections prévoyait que les ouvrages complexes, dont faisait partie le viaduc de la Concorde, devaient faire l'objet d'une telle inspection²²⁵. Pour M. Simic, les viaducs de la Concorde et de Blois étaient des ouvrages qui ne nécessitaient pas de mesures spéciales lors des inspections, même si l'accès aux appareils d'appui était limité. Il suffisait, selon lui, de trouver « *un moyen d'arriver à mettre le doigt sur le bobo* »²²⁶. Toutefois, il a concédé le caractère particulier de l'ouvrage lorsque vient le temps d'effectuer des réparations, surtout dans la région des porte-à-faux, ce qui pourrait aller jusqu'à requérir de soutenir l'ouvrage durant les travaux en cas de doute²²⁷.

²²⁰ Pièce COM-53.

²²¹ D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 165, 173, 182 et 191. Il est à noter que M. Simic ne sentait pas le besoin d'examiner les plans avant de procéder aux inspections, même dans le cas des concepts comme celui du viaduc de la Concorde, un type d'ouvrages plus fréquents en Europe, là où il a étudié. Pour lui, même si le manuel de l'époque prévoyait que l'inspecteur devait acquérir le plus de connaissances possibles sur l'ouvrage à inspecter et s'enquérir de la documentation requise (Pièce COM-30C, p. 56), il ne s'agissait pas là d'un incitatif à consulter les plans.

²²² Pièce COM-31B, p. 13 à 16.

²²³ D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 230 à 232.

²²⁴ Pièce COM-31B, p. 19. Les mêmes photos sont reprises en version couleur à la Pièce COM-1C, p. 10.

²²⁵ Jusqu'en 1987, le *Guide de l'entretien des structures* (version de 1978, révisée en 1984) (Pièce COM-30A, p. 163) prévoyait que les ouvrages complexes, dont faisait vraisemblablement partie le viaduc de la Concorde (le Guide ne prévoyait pas de définition), devaient faire l'objet d'une inspection en profondeur tous les dix ans. À partir de 1987, le type de structure du viaduc de la Concorde devint nommément classé parmi les ouvrages complexes à titre de « Pont à poutres-caissons en béton ». Ce type d'ouvrage devait faire l'objet d'une inspection spéciale par la Direction des structures, à la demande de ce qui s'appelait alors la Direction de l'entretien et qui était chargée de programmer ces inspections spéciales. Le nouveau Guide de 1987 ne prévoyait cependant plus d'échéance précise : Pièce COM-30C, p. 49 et 50 (extrait du *Guide de l'entretien des structures*, version révisée en mars 1987). Cette disposition de 1987 s'est appliquée jusqu'en 1993. Voir également D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 180 et 181. M. Guy Richard a expliqué que cette disposition a été abolie puisque les inspecteurs répartis dans les directions territoriales chargés dorénavant d'effectuer les inspections générales avaient les connaissances spécialisées leur permettant de porter le même regard que celui auparavant souhaité avec les inspections concernant les ouvrages complexes : G. Richard, Transcription, 16 mai 2007, p. 118 à 120 et 225 à 228.

²²⁶ D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 178 et 179.

²²⁷ D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 246.

4.7.4 Réparation de 1992

En 1992, M. Simic décide de procéder au remplacement des joints de dilatation du viaduc de la Concorde, dans le cadre d'un projet de réfection comportant également la réparation des surfaces en béton et le remplacement de l'enrobé bitumineux²²⁸. Considérée au départ comme une intervention de routine et relativement mineure, la réparation prendra graduellement de l'ampleur en cours de travaux.

M. Simic confie la préparation et la supervision du projet à l'ingénieur Tiona Sanogo, chargé de projets au sein de son équipe²²⁹. M. Sanogo fut secondé par un technicien, M. Benoît Archambault.

Outre les carnets de notes et le relevé photographique annoté du chargé de projet, qui relatent le relevé des dommages et l'exécution des travaux²³⁰, les principales informations disponibles concernant ces travaux proviennent des témoignages de MM. Tiona Sanogo²³¹, Primo Scapin (représentant de l'entrepreneur général ayant exécuté les travaux)²³² et Drasko Simic²³³.

4.7.4.1 Relevé de dommages

Dans le cadre du mandat qui lui avait été confié pour la réfection du viaduc de la Concorde et de trois autres structures, M. Sanogo devait au préalable consulter les plans de l'ouvrage et procéder à une inspection de type « relevé de dommages » afin de pouvoir ensuite préparer les plans et devis pour les travaux requis.

Selon le dossier de photos et de notes transmis par le MTQ à la Commission le 12 avril 2007²³⁴, M. Sanogo et le technicien Benoît Archambault procédèrent à une inspection des viaducs de la Concorde et de Blois à la fin du mois de février 1992. Le relevé photographique et les quelques notes accompagnant les photos indiquent que le viaduc de la Concorde affichait des dommages significatifs. Ces notes mentionnent notamment que les joints de dilatation est et ouest sont peu étanches, défectueux et rapiécés, et que le pavage est fissuré en de nombreux endroits. Il est aussi indiqué que le béton de la culée est du viaduc est « écaillé » au voisinage de l'assise.

Toutefois, au cours du relevé de dommages, M. Sanogo se rappelle avoir observé des déficiences essentiellement superficielles et ne pas avoir noté de fissures importantes sur les éléments structuraux²³⁵. À ses dires, ses observations étaient conformes à ce qu'il s'attendait à trouver après avoir lu les rapports d'inspection et il n'entretenait aucune inquiétude relativement au tablier²³⁶. Il n'a pas demandé d'évaluation de la capacité portante puisque rien ne l'incitait à croire à une instabilité de l'ouvrage pendant ou après les travaux²³⁷. Il ne jugeait pas non plus utile de procéder à des prélèvements par carottage et à des essais de caractérisation²³⁸. Par conséquent, aucune évaluation approfondie de la condition de l'ouvrage n'a été réalisée avant les travaux.

²²⁸ D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 237 et 238.

²²⁹ D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 237 ; T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 14 et 15.

²³⁰ Pièces COM-54, p. 12 et suivantes ; COM-1C, p. 15 à 103 et COM-1C amendée.

²³¹ T. Sanogo, Transcription, 2 et 3 mai 2007.

²³² P. Scapin, Transcription, 3 mai 2007.

²³³ D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007.

²³⁴ Pièces COM-1C, p. 15 à 103 et COM-1C amendée.

²³⁵ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 31, 32, 167 et 226 à 228.

²³⁶ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 33.

²³⁷ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 53.

²³⁸ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 54, 56 et 57.

Pourtant, comme l'illustrent les photographies de la figure 4.3, le béton montrait des signes de détérioration notables aux abords des joints, en particulier une désagrégation importante de l'assise. Sur la paroi latérale nord-est, des barres d'armature étaient exposées. On remarque également la présence d'une fissure de cisaillement (encerclée en rouge sur la photographie) sur la face sud-est du porte-à-faux. Faut-il rappeler que, depuis quelques années déjà, les rapports d'inspection faisaient état de problèmes de dégradation des poutres et des porte-à-faux des culées, de part et d'autre des joints, et qu'ils signalaient des problèmes de détérioration potentiels des assises, impossibles à inspecter sauf aux extrémités.

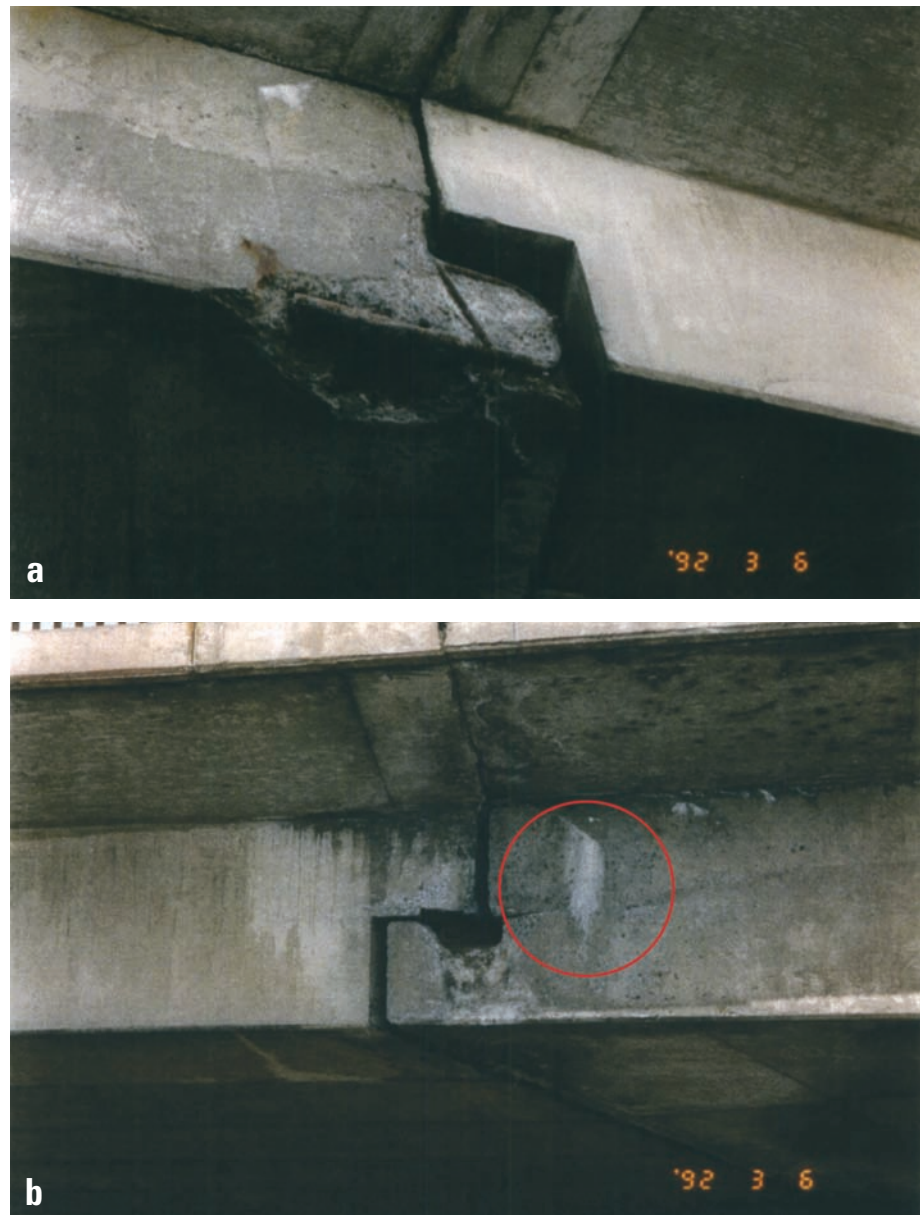


Figure 4.3 État du béton de la culée est du viaduc de la Concorde en 1992

a) Paroi latérale nord²³⁹

b) Paroi latérale sud²⁴⁰

²³⁹ Pièce COM-1C, p. 45.

²⁴⁰ Pièce COM-1C, p. 46.

4.7.4.2 Préparation des plans et devis

Les témoignages entendus par la Commission confirment que des plans et devis en bonne et due forme avaient été préparés par M. Sanogo et approuvés par M. Simic²⁴¹. Ces plans et devis devaient être préparés conformément aux normes en vigueur. La procédure de remplacement d'un joint de dilatation est dictée par la norme N-2141²⁴². Par ailleurs, les opérations que devait effectuer l'entrepreneur sont décrites au Devis spécial « type »²⁴³. Finalement, les opérations de réparation sont également soumises aux exigences du *Code de sécurité pour les travaux de construction*²⁴⁴. L'article 3.3.4 du Code stipule que :

« On ne doit entreprendre aucun réaménagement qui pourrait affecter la structure d'un bâtiment, sans s'être assuré que les éléments constitutants ne seront pas soumis à des efforts supérieurs à ceux qui étaient prévus. »

Les plans et devis n'ont été retrouvés dans aucun des dossiers du MTQ. Apparemment, les documents ont été détruits vers 2005, soit après l'expiration du délai prévu au calendrier de conservation en vigueur²⁴⁵.

Selon M. Sanogo, y étaient précisés les détails relatifs à la démolition (zonage, surfaces et profondeur à démolir, équipement à utiliser, etc.), les modes et les séquences de réparation, les spécifications des matériaux (formulation des mélanges de béton, exigences), les spécifications des joints, etc.²⁴⁶ M. Sanogo n'avait pas prévu étayer l'ouvrage puisque le relevé de dommages ne laissait pas entrevoir la nécessité d'enlever le béton au-delà de quelques centimètres de profondeur près du joint de dilatation²⁴⁷. Par ailleurs, il ne voyait pas la nécessité d'interdire complètement la circulation sur le viaduc durant les travaux, se limitant à fermer deux voies afin d'alléger le poids sur la structure²⁴⁸.

Sur la base de ces plans et devis, un contrat (5100-92-0223/6365-92-0223) fut accordé pour la réparation de quatre ponts, dont le viaduc de la Concorde²⁴⁹. Dans la fiche administrative retrouvée, les travaux sont décrits de la façon suivante :

Types de travaux : Réparation de la dalle d'approche ;
Réparation du dessus et du dessous de la dalle du tablier ;
Réparation des trottoirs, parapets, garde-roues, piles et culées ;
Étanchement du joint longitudinal de la bande centrale du viaduc de la Concorde ;
Réfection des joints de dilatation et fixes des structures ;
Imperméabilisation des dalles de béton des tabliers ;
Fourniture et pose de béton bitumineux ;
Scellement de surfaces de béton contre le sel.

²⁴¹ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 65; D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 259.

²⁴² Pièce COM-30B, p. 45 à 50.

²⁴³ Pièces COM-30C, supplément 1, p. 3 à 30 et COM-30B, p. 188 et 195.

²⁴⁴ Pièce COM-30B, p. 334 et suivantes.

²⁴⁵ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 65 et 66.

²⁴⁶ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 41 à 51.

²⁴⁷ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 76 à 81.

²⁴⁸ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 39.

²⁴⁹ Pièce COM-31B, p. 237.

L'entrepreneur retenu pour l'exécution des travaux fut DIMS Construction et la compagnie Z-Tech a fourni les joints de dilatation. Les dessins d'atelier des joints de remplacement furent retrouvés²⁵⁰. Les caractéristiques apparaissant sur ces plans correspondent bien à celles de la pièce récupérée lors des opérations de dissection.

Par ailleurs, le contrôle de la qualité fut confié au laboratoire du MTQ, pour les joints, et à LVM, pour les travaux de bétonnage²⁵¹.

Selon le calendrier prévisionnel, les travaux devaient s'échelonner du 19 octobre 1992 au 3 mai 1993 (incluant une interruption hivernale de quatre mois).

M. Simic a approuvé les plans et devis ainsi que les documents d'appel d'offres préparés par M. Sanogo²⁵². Toutefois, il n'a pas gardé un souvenir précis de ce qu'il a pu discuter avec ce dernier relativement à ce projet. Il juge probable qu'ils aient échangé au sujet de ce contrat, quoi qu'il était plutôt rare que les ingénieurs se consultent au sein du MTQ, même dans des situations délicates²⁵³. Bien qu'étant le supérieur de M. Sanogo sur le plan technique, il n'aurait pas de lui-même questionné ce dernier sur le choix de la méthode employée pour procéder aux réparations et ne croyait pas qu'il était responsable de ces décisions à ce titre²⁵⁴. M. Simic sentait qu'il ne pouvait imposer une méthodologie particulière aux ingénieurs placés sous sa responsabilité, rappelant qu'ils faisaient tous partie de la même équipe syndiquée. Il aurait toutefois été disposé à répondre aux interrogations de ses collègues si ceux-ci le sollicitaient.

Constats de la Commission

La Commission constate l'ambiguïté qui caractérise l'imputabilité au sein du MTQ, un thème dont il sera aussi question en traitant de l'inspection spéciale de 2004. M. Simic, ingénieur responsable des structures, ne se sent pas le droit de questionner M. Sanogo. Il dit ne pouvoir imposer aux ingénieurs sous sa responsabilité une méthodologie particulière. Plus troublant encore, cette retenue n'est pas le fait d'un professionnel, membre d'un ordre reconnu, qui hésite à questionner la compétence d'un collègue professionnel, mais celle d'un supérieur hiérarchique qui ne se sent pas le droit de questionner un employé, au nom de leur appartenance commune à un syndicat. Ce mélange des genres est incompatible avec le devoir d'un professionnel détenteur d'un savoir spécialisé et qui doit placer le respect des règles de l'art et la protection du public au-dessus de toute autre considération.

La Commission constate un manque d'affirmation claire des responsabilités hiérarchiques et des obligations et devoirs qui en découlent.

²⁵⁰ Pièce COM-19, p. 92.

²⁵¹ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 44 à 47.

²⁵² D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 256 à 259.

²⁵³ D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 240 et 257.

²⁵⁴ D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 252 à 254.

4.7.4.3 Exécution des travaux et observations²⁵⁵

4.7.4.3.1 Équipements lourds

Les photographies retrouvées montrent que des équipements lourds furent utilisés lors des réparations sur le viaduc de la Concorde²⁵⁶. Selon les notes de chantier de M. Sanogo²⁵⁷, l'enrobé bitumineux fut enlevé à l'aide d'une pelle mécanique de marque *Caterpillar 235* dont la masse peut varier de 85 000 à 90 000 lb, selon les experts entendus. Or, cette charge est supérieure à celle du véhicule de référence H20-S16 considéré lors de la conception du viaduc (32 659 kg / 72 000 lb). À certains moments des travaux, les photographies montrent que la pelle mécanique travaillait directement au-dessus des joints qu'on avait commencé à délester d'une partie du béton d'épaulement.

On observe également sur les photographies, qu'en plus de la pelle mécanique, deux rétro-excavatrices sont également en opération sur le tablier du viaduc, l'une avec une pelle et l'autre avec un marteau piqueur. Celui-ci est placé à l'extrémité d'un bras hydraulique pour enlever le béton au voisinage des joints²⁵⁸. Pourtant, la norme 2141 prescrivait l'enlèvement du béton aux abords du joint au moyen d'un marteau pneumatique, moins dommageable pour les zones adjacentes saines et pour les barres d'armature qui les traversent. Les normes du MTQ et le « Devis type » en vigueur à l'époque des travaux stipulaient que l'entrepreneur devait prendre les précautions requises pour ne pas endommager les barres d'armature longitudinales en place ou les autres éléments ne faisant pas partie de la démolition. Or, tel que discuté au chapitre 5, l'examen des tranches disséquées après l'effondrement a permis d'observer la présence de marques et de dommages sur des barres d'armature à proximité du joint, notamment sur des suspentes en U n° 8²⁵⁹.

Au poids de ces appareils, s'ajoute celui des autres véhicules apparaissant également sur les photos, et qui circulent sur le tablier lors des travaux de bétonnage du nouveau joint (deux des six voies), alors que les barres d'armature au voisinage du joint sont dégagées²⁶⁰.

4.7.4.3.2 Enlèvement du béton sur une profondeur plus grande que prévu

Une fois l'enrobé bitumineux enlevé, M. Sanogo confirme qu'il est rapidement devenu évident que le béton entourant le joint de dilatation était sérieusement dégradé par endroits²⁶¹. Le béton détérioré fut donc retiré sous le niveau des barres n° 14 à certains endroits, non seulement sur la largeur de l'épaulement du joint, mais bien au-delà des crochets de la suspente en U et sur une profondeur nettement supérieure à ce qui était anticipé. Conséquemment, les barres longitudinales se trouvèrent dénudées sur une profondeur et sur une largeur beaucoup plus grande que prévue initialement.

²⁵⁵ Les opérations d'enlèvement de l'enrobé bitumineux et du béton ont fait l'objet de photographies et de quelques notes, Pièces COM-1C, p. 15 à 103, COM-1C amendée et COM-54.

²⁵⁶ Pièce COM-1C, p. 80 et 81.

²⁵⁷ Pièce COM-54, p. 15 à 49.

²⁵⁸ Pièce COM-1C, p. 102.

²⁵⁹ Pièce COM-1D, p. 5 et 6.

²⁶⁰ Pièce COM-1C, p. 56.

²⁶¹ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 72 à 74, 142 et 143.

4.7.4.3 Absence d'étaieement et de calculs structuraux

Bien que l'épaisseur de béton enlevée à l'extrémité des porte-à-faux fût plus importante que prévue, que les barres longitudinales et des suspentes aient été dénudées et que des charges importantes circulaient sur le viaduc, M. Sanogo n'a pris aucune mesure de précaution pour soutenir l'ouvrage durant les travaux. Lors de son témoignage, M. Sanogo a mentionné qu'au moment où ces désordres d'une ampleur plus grande que prévu furent constatés derrière les joints, il a discuté avec M. Simic de la possibilité d'étaier le viaduc. Ils ont toutefois conclu tous les deux que cela n'était pas nécessaire²⁶². M. Simic a affirmé de son côté ne pas se souvenir de cette discussion avec M. Sanogo quant à la possibilité d'étaier la structure, décision et responsabilité qui, selon lui, revenaient à ce dernier, de toute façon²⁶³.

À la lumière des témoignages et des dossiers disponibles, il semble que les efforts induits par les travaux de réparation effectués sur les différents éléments de la structure n'aient fait l'objet d'aucune vérification ou calcul, que ce soit avant ou pendant les travaux²⁶⁴.

4.7.4.3.4 Constat de l'installation inadéquate de l'armature

Lors de l'inspection des éléments après la démolition du béton, M. Sanogo a remarqué que quelques étriers (suspentes en U) étaient installés plus bas que ce qui était indiqué sur les plans : quelques-uns de ces étriers, dit-il, étaient « *mal placés* » et « *différents du plan* »²⁶⁵. Les travaux furent interrompus et M. Sanogo discuta avec son supérieur, l'ingénieur Simic, des moyens à prendre pour corriger les anomalies constatées²⁶⁶. Il dira à la Commission qu'« *en voyant quelques étriers qui étaient en deçà et plusieurs qui sont vis-à-vis, nous avons reconstitué la pièce dans son état original* »²⁶⁷. Il affirme avoir fait installer une barre en L attachée à l'étrier et reliée à l'acier principal²⁶⁸. Cet ajout au contrat aurait été demandé à DIMS (l'entrepreneur responsable de la réparation), moyennant paiement additionnel au kilogramme²⁶⁹.

Pour sa part, M. Primo Scapin, représentant de DIMS, n'avait souvenir ni de cette anomalie, ni d'un arrêt du chantier relié à ce problème, ni d'une demande d'ajout de barres de la part de M. Sanogo²⁷⁰. Son témoignage fut corroboré par un ancien ingénieur de DIMS, M. Raffaele Petruzzo²⁷¹.

Par ailleurs, ni M. Sanogo, ni les experts de la Commission n'ont pu retracer la présence de ces barres au site Belgrand où l'ensemble des pièces de l'ouvrage a été entreposé après le démantèlement. Néanmoins, M. Sanogo a maintenu devant la Commission que la demande avait été formulée à DIMS²⁷². Il importe de mentionner que les notes de chantier de M. Sanogo ne font pas mention d'une correction du ferrailage dans les porte-à-faux du viaduc de la Concorde²⁷³.

²⁶² T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 169 à 171.

²⁶³ D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 247 et 251 à 254.

²⁶⁴ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 163 à 166 et 170; D. Simic, Transcription, 1^{er} mai 2007, p. 242.

²⁶⁵ T. Sanogo, Transcription, 3 mai 2007, p. 17 et 24 à 26.

²⁶⁶ T. Sanogo, Transcription, 3 mai 2007, p. 26.

²⁶⁷ T. Sanogo, Transcription, 3 mai 2007, p. 27.

²⁶⁸ T. Sanogo, Transcription, 3 mai 2007, p. 28 et 29.

²⁶⁹ T. Sanogo, Transcription, 3 mai 2007, p. 29 et 35 à 37.

²⁷⁰ P. Scapin, Transcription, 3 mai 2007, p. 123 à 126.

²⁷¹ R. Petruzzo n'a pas témoigné devant la Commission mais a produit un affidavit : Pièce COM-55A.

²⁷² T. Sanogo, Transcription, 3 mai 2007, p. 30 et 31.

²⁷³ Pièce COM-54.

4.7.4.3.5 Nettoyage de la surface et agent de liaison

Des réparations ont également été effectuées sous le viaduc, dans les zones où le béton était délaminé²⁷⁴. Après délimitation de la surface à réparer au moyen d'un trait de scie, le béton délaminé fut cassé avec un marteau pneumatique léger, les barres furent nettoyées au jet de sable, un treillis fut fixé sur des barres 10 M ancrées dans le béton sain, et le nouveau béton finalement mis en place par projection pneumatique.

4.7.4.3.6 Absence de la membrane prévue au devis

Selon le rapport déposé à la Commission par les experts du MTQ²⁷⁵, la membrane préfabriquée²⁷⁶ prévue au devis, qui devait être posée sur toute la surface de roulement, n'a pas été installée car le béton était trop endommagé.

Le relevé de chantier de M. Sanogo comporte quelques photographies montrant l'épandage d'un produit liquide noir avant la mise en place de l'enrobé bitumineux²⁷⁷. Il peut s'agir soit d'un liant d'accrochage, ou d'une membrane, qui serait alors d'une qualité inférieure à celle prévue au devis. Dans ses notes, M. Sanogo fait mention d'un produit (RC-30) posé un peu avant l'enrobé bitumineux (MB-16)²⁷⁸.

Constats de la Commission

Confronté à une série de défauts imprévus durant les travaux, M. Sanogo ne cherche pas à déterminer la cause des problèmes constatés, ni à en évaluer les conséquences possibles pour la structure. Ceci est vrai à l'égard du niveau de dégradation du béton et de son étendue ainsi qu'à l'égard du placement inadéquat des aciers d'armature qu'il constate sans y remédier. La Commission prend note des affirmations de M. Sanogo voulant qu'il ait demandé à l'entrepreneur d'installer des barres additionnelles, mais elle constate aussi qu'il n'en est pas fait mention dans ses notes de chantier et que ces barres n'ont pas été retrouvées au moment de la dissection de l'ouvrage.

La Commission note également que la dégradation du béton devient une explication pour ne pas poser une membrane prévue au devis alors que cette dégradation en démontrait précisément la nécessité.

La Commission, tout en reprochant à M. Sanogo sa gestion de la réparation du viaduc de la Concorde en 1992, blâme surtout le MTQ pour avoir toléré l'ambiguïté quant à l'imputabilité entre MM. Simic et Sanogo, pour avoir manqué de rigueur dans la tenue des dossiers et pour n'avoir jamais su traduire la connaissance qu'il avait dans un programme d'inspection et d'entretien adapté à l'ouvrage.

²⁷⁴ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 207 et 208.

²⁷⁵ Pièce MTQ-1, p. 17.

²⁷⁶ Ce type de membrane est aujourd'hui connu comme une «membrane de type 3».

²⁷⁷ Pièce COM-1C, p. 57 et 58.

²⁷⁸ Pièce COM-54, p. 40.

4.7.5 Inspections, entretien et réparations réalisés entre 1993 et 2004

Après la réorganisation de 1993, le viaduc de la Concorde est passé sous la responsabilité de M. Gilbert Bossé, ingénieur. C'est lui et son assistant, M. Paul Roussy, technicien, qui effectuèrent toutes les inspections jusqu'en septembre 2006. MM. Bossé et Roussy sont seuls pour voir à l'inspection annuelle des 262 structures relevant de la Direction territoriale de Laval-Mille-Îles²⁷⁹. M. Bossé est également responsable de gérer la programmation des opérations d'entretien sur ces ouvrages²⁸⁰.

M. Bossé n'a pas de formation académique spécialisée en structures, mais il a suivi les cours dispensés par la Direction des structures, notamment dans les domaines de l'inspection et des matériaux²⁸¹.

M. Bossé a déclaré qu'avant de procéder à ses inspections sur le viaduc de la Concorde, il avait examiné le dossier conservé au Service des inventaires et du plan. Ce dossier comprenait les plans des ouvrages²⁸², les rapports d'inspection antérieurs, les photos – quand elles étaient disponibles – et une fiche d'inventaire. On y trouvait également une fiche décrivant sommairement les interventions réalisées sur la structure (ces dernières fiches ayant été instaurées à partir de 1993) et la correspondance échangée à ce propos, le cas échéant²⁸³. M. Bossé s'est déclaré satisfait des informations dont il dispose pour l'ensemble des ouvrages qu'il inspecte sur son territoire²⁸⁴. Il faut rappeler que la version des plans à laquelle il avait accès pour le viaduc de la Concorde n'était pas la version « tel que construit ».

MM. Bossé et Roussy procéderont ainsi à des inspections sommaires (en 1997, 1998, 2000, 2001, 2003 et 2004) et générales (1995, 1999 et 2002) dont il se dégage essentiellement les constats suivants²⁸⁵ :

- Dès 1995 et dans tous les rapports subséquents, on note que les joints de dilatation coulent encore. En 1997, il est envisagé de les remplacer ;
- En 1995, la dalle épaisse pleine reçoit une cote 4, ce qui aurait normalement dû entraîner une expertise de dalle au plus tard en 1999. Cet examen ne sera jamais effectué. Aucune intervention d'auscultation ou de carottage ne sera jamais demandée ;
- La réparation de 1992 apparaît de qualité douteuse puisqu'on note dès 1997 que le béton projeté obstrue le joint de dilatation. Ce béton se délamine et menace de tomber ; on en provoquera la chute en 2002 ;
- Les premières mentions explicites de fissures remontent à 1997. Toutefois, il est apparu que lorsque les fissures furent notées spécifiquement, elles n'étaient pas accompagnées des observations précises (nombre, taille, étendue, emplacement exact) qui auraient permis d'en évaluer méthodiquement la progression ;

²⁷⁹ G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 169 et 183.

²⁸⁰ G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 171.

²⁸¹ G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 164 et 165.

²⁸² Ces plans furent consultés lors des premières inspections : G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 177.

²⁸³ G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 175 à 180.

²⁸⁴ G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 182.

²⁸⁵ On trouvera plus de détails sur les inspections réalisées durant la vie utile de l'ouvrage à l'Annexe 19, Note complémentaire n° 6.

- En 2002, la cote générale du viaduc de la Concorde est abaissée de « bon » à « acceptable ». Cette année-là, le rapport indique que le béton des assises est « *très désagréé* » et on attribue la cote de matériau 3 à la poutre, dont le côté est se détériore. Toutefois, lors des inspections sommaires de 2003 et 2004, la cote globale repasse à « bon », sans aucune explication. Lorsque la Commission questionne M. Bossé sur l'utilisation non rigoureuse des descriptions globales de l'état de la structure, passant au cours des années de « bon » à « acceptable » pour revenir à « bon », alors qu'il n'y a pas eu d'intervention sur l'ouvrage, celui-ci ne semble pas trouver qu'il fallait s'en préoccuper puisqu'il s'agissait, selon lui, de termes généraux, oscillant dans le même registre²⁸⁶ ;
- En 2002, le rapport note la nécessité d'obtenir un avis de la Direction des structures sur la façon de réparer l'extrémité des poutres.

Aucune de ces inspections ne constitue une inspection en profondeur de la structure. Lors de l'entrée en fonction de M. Bossé en 1992, le manuel en vigueur prévoyait une telle inspection pour les ouvrages complexes comme le viaduc de la Concorde. Cette notion avait été introduite dans le *Guide de l'entretien des structures* en 1984, avec un délai de dix ans, puis maintenue lors de la révision du Guide en 1987, sans référence dorénavant à un délai. Lors de la révision de 1993, elle disparaît. Le viaduc de la Concorde n'aura donc jamais fait l'objet d'une inspection en profondeur, ni d'investigations avec des moyens tels le carottage, ni d'évaluation de sa capacité portante sous la responsabilité de M. Bossé (pas plus d'ailleurs que depuis sa construction en 1971).

Hormis l'intervention en 2002 destinée à enlever du béton délaminé sous le tablier, le MTQ n'a effectué aucune réparation de 1993 à 2004. Pourtant, le viaduc de la Concorde avait été inscrit à la programmation et certains éléments avaient reçu des cotes de 3, ce qui suggérait alors des interventions dans un délai de un à deux ans selon le manuel en vigueur²⁸⁷.

M. Bossé était conscient que le viaduc de la Concorde était d'un concept particulier et il était préoccupé par l'état de ses chaises puisqu'il ne pouvait les inspecter. Toutefois, sa préoccupation n'appelait pas une action urgente, à première vue, car il ne voyait pas de signes flagrants de détérioration ni de mauvais comportements de la structure²⁸⁸. Il a fait part de ses préoccupations à la Direction des structures en 2004, en lui demandant un avis technique afin de déterminer s'il devait changer l'ordre de priorité de ses interventions. Ce geste sera la seule action concrète posée par M. Bossé pour manifester le fait qu'il était conscient et préoccupé du caractère particulier de l'ouvrage.

4.7.6 Inspection spéciale de 2004

Le 17 juin 2004, M. Gilbert Bossé formulait par écrit une demande d'assistance technique auprès de la Direction des structures, adressée à M. Claude Leclerc, ingénieur, alors chef du Service de l'entretien. Dans cette note, M. Bossé mentionnait que :

« Au cours des dernières inspections générales, des dommages ont été aperçus et méritent une attention particulière. L'état des assises ne peut être établi exactement, la configuration

²⁸⁶ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 90 à 96.

²⁸⁷ Pièce COM-30N, p. 57 ; G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 307 à 309.

²⁸⁸ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 15 à 18.

de ces éléments ne permet pas de procéder à une inspection visuelle appropriée. Cependant les dommages aperçus près des côtés extérieurs, permettent de soupçonner l'existence d'un problème de désagrégation importante des assises. La présence de fissures de cisaillement larges sur le porte-à-faux des culées semble tout aussi inquiétante. »²⁸⁹

Depuis 2002, M. Bossé s'inquiétait plus du problème de délamination du béton que de la fissuration²⁹⁰. Il ne soupçonnait pas l'existence d'un plan de fissuration majeur à l'intérieur du porte-à-faux de la culée. Il croyait que l'eau provenait de l'interface entre le trottoir et l'enrobé bitumineux²⁹¹. Évidemment, rien ne lui laissait présager un effondrement, croyant qu'il observerait d'importantes déformations sur le viaduc avant qu'un tel événement ne se produise²⁹².

En fait, c'est l'état des chaises qui l'inquiétait particulièrement, notamment la résistance des aciers et du béton pour assurer un bon comportement de la structure²⁹³ : « *l'appareil d'appui était dégagé de chaque côté, il y avait des cavités d'environ 100 mm où le béton était absent ou mangé par le sel déglacant* »²⁹⁴. Il se préoccupait aussi de la qualité de la réparation effectuée en 1992 puisque si le béton projeté « *était déjà en train de tomber, on s'imaginait dans quel état pouvaient être les endroits qui avaient (sic) pas été réparés en 92* ».

La seule manière d'en avoir le cœur net était d'inspecter les chaises. Pour cela, il fallait soulever la partie centrale du tablier et c'est ce que souhaitait M. Bossé²⁹⁵. Il admit devant la Commission avoir voulu « *souffler la réponse* »²⁹⁶ à sa propre demande, allant même jusqu'à indiquer qu'il faudrait, une fois la dalle levée, réparer les assises, les bouts de dalle et les appareils d'appui.

La Direction des structures avait demandé à l'ingénieur Christian Mercier de répondre à la demande d'assistance technique de M. Bossé. Ingénieur depuis 1996, M. Mercier travaillait à la Direction des structures depuis novembre 2000 et à la « Section entretien » du Service de l'entretien depuis novembre 2002²⁹⁷.

4.7.6.1 Inspection spéciale et démarches préalables

L'inspection réalisée dans le cadre du mandat de M. Mercier constituait une inspection spéciale²⁹⁸. Ce type d'inspection est toujours exécuté par un ingénieur de la DS, à la demande de l'ingénieur responsable de la DT; elle ne comprend pas nécessairement de carottage ni de calculs de la capacité portante. Elle fait appel aux mêmes outils que ceux utilisés lors des inspections

²⁸⁹ Pièce COM-31B, p. 140.

²⁹⁰ G. Bossé, Transcription, 3 mai 2007, p. 287 à 290.

²⁹¹ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 28.

²⁹² G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 29.

²⁹³ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 16 et 32.

²⁹⁴ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 30.

²⁹⁵ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 32 et 33.

²⁹⁶ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 52.

²⁹⁷ Pièce COM-58, p. 4 et 5.

²⁹⁸ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 230. Le *Manuel d'inspection des structures – évaluation des dommages* définit ce genre d'inspection de la façon suivante : « *un examen minutieux des éléments principaux d'une structure dans le but de détecter les défauts et de préciser l'incidence de ces défauts sur la capacité ou la stabilité de ces éléments et celle de la structure. Cette inspection peut être nécessaire en raison de la complexité d'un système structural ou de l'importance des défauts observés sur les éléments principaux d'une structure, lors de l'inspection principale* », Pièce COM-30D, p. 25 et 26. Par opposition, l'inspection générale, effectuée en moyenne tous les trois ans par une équipe de deux inspecteurs de la DT, « *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* », Pièce COM-30D, p. 19 à 21.

générales²⁹⁹. Selon M. Mercier, la valeur ajoutée apportée par l'ingénieur de la Direction des structures consiste alors en « un deuxième regard [...] plus spécifique à un problème spécialisé en structures », avec en plus la connaissance globale du parc des structures du Québec³⁰⁰.

M. Mercier a d'abord consulté les plans de l'ouvrage³⁰¹ ainsi que le dossier du viaduc de la Concorde conservé par la Direction des structures. Ce dossier comprenait la dernière inspection générale disponible dans la base de données, quelques rapports d'inspection antérieurs présents dans le dossier papier – dont certaines remontaient aux années 1980 – et quelques photographies, notamment celles jointes par M. Bossé à sa demande d'assistance. Le dossier ne comportait aucun bordereau d'armature et celui-ci n'était pas davantage avec les plans. En outre, le dossier ne comprenait aucune information relative aux réparations effectuées en 1992. M. Mercier a aussi déposé une demande pour consulter le dossier semi-actif conservé dans une voûte située dans la région de Québec (dossier dit « Dalton »), mais il n'y a trouvé aucun document relatif au viaduc de la Concorde³⁰².

M. Mercier a ensuite communiqué avec M. Bossé et convenu de le rencontrer le jeudi 15 juillet 2004. À cette date, il consulte le dossier maintenu par la direction territoriale sur le viaduc de la Concorde et passe en revue les rapports d'inspection ainsi que les photos contenues au dossier³⁰³. Il ne note aucune mention précise de réparations. Il ne fait pas de démarches pour recueillir d'autres informations à cet égard (par exemple, contacter M. Simic dont le nom apparaissait sur les anciens rapports) et ne demande pas à M. Bossé de le faire non plus. Ses seuls constats concernant les réparations se feront sur les lieux du viaduc, lors de l'inspection visuelle, puisqu'il est visible que les joints ont été remplacés et que du béton projeté a été appliqué sous le tablier et les assises³⁰⁴.

N'ayant pas accès à l'information que la Commission possède aujourd'hui, M. Mercier ne pouvait vraiment apprécier l'ampleur des réparations effectuées en 1992. Quoi qu'il en soit, il est d'avis que les informations dont il disposait étaient suffisantes pour répondre aux interrogations de la direction territoriale lui venant de M. Bossé. Il savait que le type de structure du viaduc était particulier et que ce genre d'ouvrage n'était plus construit depuis plusieurs années en raison des difficultés d'inspection³⁰⁵. Néanmoins, il n'avait aucune raison de croire que les réparations de 1992 auraient été davantage que routinières et superficielles³⁰⁶.

Rétrospectivement, il considère que la consultation des photos de M. Sanogo ne lui aurait pas davantage permis de constater que le béton se dégradait anormalement (puisque'il le trouvait sain lorsqu'il le sondait), sans nier cependant qu'il aurait pu se poser des questions concernant l'emplacement de l'armature³⁰⁷. Évidemment, si le dossier avait contenu une mention indiquant que l'armature était mal placée, une action urgente aurait été entreprise³⁰⁸.

²⁹⁹ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 232 et 233.

³⁰⁰ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 233 et 234.

³⁰¹ Rappelons que ces plans n'étaient pas la version la plus récente, tel que préalablement discuté.

³⁰² C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 219 à 230.

³⁰³ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 150 à 152.

³⁰⁴ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 225 à 228.

³⁰⁵ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 255 et 256.

³⁰⁶ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 310.

³⁰⁷ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 300 à 310.

³⁰⁸ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 211 à 213.

Constats de la Commission

La Commission a pris connaissance des lacunes du dossier accessible à M. Mercier. Il y manquait une note sur la réparation de 1992 qui aurait permis à M. Mercier de comprendre l'ampleur des travaux effectués à cette époque, les constats à l'égard de l'armature et les conséquences possibles de la combinaison de la dégradation du béton, du mauvais positionnement des armatures et de la dégarniture de ceux-ci. Également, l'information quantitative sur les problèmes observés lors des inspections y était insuffisante, tel qu'il sera démontré au chapitre 5, empêchant de ce fait toute appréciation objective de leur évolution dans le temps.

Il est inexplicable que ces renseignements n'aient pas été conservés, à tout le moins dans le dossier de la DT, et qu'aucune démarche n'ait été engagée pour mettre à jour le dossier. La réparation de 1992 avait révélé des défauts importants au cœur même de la structure, qu'il fallait impérativement consigner au dossier de manière bien documentée.

Que des documents aient été perdus lors des transferts de dossiers consécutifs à la réorganisation administrative de 1993 ne change rien à la responsabilité du Ministère de s'assurer que les directions territoriales connaissent bien les particularités des structures dont elles ont la charge et des aspects importants des travaux dont elles ont été l'objet.

Par ailleurs, le Ministère aurait dû émettre des directives précises pour que le personnel de la DS et les ingénieurs responsables des inspections dans les DT sachent que des réparations au niveau des joints sur ce type de structure ne pouvaient être traitées comme de simples réparations de routine.

4.7.6.2 Constats *in situ*

Après avoir consulté le dossier de la direction territoriale en compagnie de M. Bossé, M. Mercier procède, à bord d'une nacelle, à l'inspection « *doigt sur la pièce* » du côté nord de la culée est, de la face inférieure du tablier et du côté sud de la culée est. Les deux ingénieurs se déplacent ensuite sur le dessus du tablier afin de vérifier la présence de signes d'affaissement ainsi que l'état des joints et du pavage. Leur examen de la culée est, que M. Bossé considérerait comme plus problématique selon M. Mercier³⁰⁹, dure entre 60 et 90 minutes. Ils décident conjointement de ne pas déplacer la nacelle du côté ouest du viaduc. Leur inspection de la culée ouest se fait visuellement depuis les perrés seulement, car ils considéraient avoir suffisamment d'information³¹⁰.

En ce qui a trait aux assises, le constat de M. Mercier est similaire à celui de M. Bossé. Il y a dégradation du béton autour des appareils d'appui – il note de la désagrégation sur environ 120 mm au pourtour d'un appareil d'appui situé près d'une paroi – mais le béton de la chaise semblait sain sauf pour des dommages de surface. Ils ont été en mesure d'inspecter 20 % des appareils d'appui et des assises (soit 4 appareils sur 20). La conclusion est que la capacité des éléments n'est pas en cause³¹¹.

³⁰⁹ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 273.

³¹⁰ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 244 à 246.

³¹¹ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 263 à 271.

Quant à la qualité du béton, celui sous la dalle pleine épaisse est, selon M. Mercier, en « *excellent état* », ce qui lui permet d'affirmer qu'il est de bonne qualité, sans « *pousser en fin de compte plus loin l'analyse* ». Les côtés extérieurs du béton paraissent également en bon état lorsqu'ils sont sondés et le dessus du pavage ne présente pas de signes laissant « *entendre qu'il y avait une délamination prononcée du béton d'enrobage des barres d'armature principales* ». Ces constats lui font croire qu'il disposait des informations nécessaires, sans qu'il soit utile de recourir à des essais destructifs, comme du carottage³¹². Il en va de même pour ce qui est du manque d'adhérence du béton projeté sous le tablier, au niveau de la chaise, lors de la réparation de 1992. La technique était relativement nouvelle à l'époque et l'état de dégradation qu'il constate ne lui apparaît pas anormal³¹³.

Quant à la fissuration, M. Mercier la qualifie « *d'anodine* » sur les faces latérales des culées au moment de son inspection. La fissure la plus importante relevée par M. Mercier tirait son origine du coin rentrant de l'assise de la culée sud-est, où elle affichait une largeur de l'ordre de 0,5 à 0,6 mm, et elle descendait à 45° dans le porte-à-faux, en diminuant en largeur pour devenir rapidement filiforme. La seule autre fissure notée par M. Mercier dans son carnet de chantier était également oblique et partait du coin rentrant à l'extrémité est du tablier, côté nord. Elle présentait une largeur maximale de l'ordre de 0,1 mm. Une fois nettoyées des efflorescences qui les recouvraient, les autres fissures apparentes sur les parois de la culée est étaient, selon lui, toutes très fines ou filiformes. Elles n'ont toutefois pas fait l'objet de relevé quantitatif³¹⁴.

Dans sa demande d'assistance technique, M. Bossé faisait référence à la présence de « *larges fissures de cisaillement* ». Pour soutenir ses propos, il avait joint la photographie d'une fissure relativement importante située sur la face nord de la culée ouest³¹⁵. Or, la fissure en question, pour laquelle on ne disposait d'aucune information quantitative, n'a pas été observée de près ni mesurée par M. Mercier, puisque la culée ouest n'a été inspectée que sommairement depuis les perrés³¹⁶.

Devant la Commission, M. Bossé a voulu minimiser la portée des termes utilisés dans sa lettre de juin 2004. Il a en effet affirmé que le recours à l'expression « *large* » n'avait rien à voir avec la nomenclature du système d'évaluation des dommages du MTQ³¹⁷. Néanmoins, la qualification en « *cisaillement* » fut réitérée lors de son témoignage³¹⁸. M. Mercier a pour sa part affirmé qu'il n'était pas possible d'établir clairement que les fissures diagonales observées sur les parois latérales des porte-à-faux et du tablier étaient des fissures de cisaillement³¹⁹.

M. Mercier considère que les fissures observées étaient passives, bien qu'il n'ait eu accès à aucun relevé de fissuration antérieur. Cette conclusion se fondait donc essentiellement sur l'information obtenue verbalement de M. Bossé, suivant laquelle la fissuration n'avait pas évolué depuis l'inspection de 2002³²⁰, de même que sur la présence de dépôts entre les lèvres des fissures³²¹. Pourtant, il a mentionné par la suite, en cours de témoignage, que les fissures relevées dans son carnet étaient celles qui lui apparaissaient les plus actives³²².

³¹² C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 294 à 296.

³¹³ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 262 et 310 à 312.

³¹⁴ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 78 à 87.

³¹⁵ Pièce COM-31B, p. 140.

³¹⁶ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 90.

³¹⁷ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 37 à 43.

³¹⁸ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 37 et 110.

³¹⁹ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 109 et 110.

³²⁰ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 97.

³²¹ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 104 et 105.

³²² C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 184 et 185.

En somme, M. Mercier juge que les fissures observées en juillet 2004 ne sont pas problématiques, tant du point de vue de la sécurité que de la capacité structurale³²³. Il admet que les efflorescences émanant des fissures ont évolué au fil des ans, mais selon lui, cela ne constitue pas un signe d'évolution de ces dernières³²⁴.

4.7.6.3 Réponse préliminaire et analyse des informations

Au terme de sa visite, M. Mercier rassure M. Bossé en lui affirmant qu'il n'y a rien d'urgent ou de critique à réparer³²⁵. Il lui signifie sur place que les fissures visibles ne sont pas problématiques à court terme et qu'elles ne mettent pas en jeu la sécurité du public, mais qu'on doit en assurer le suivi. En ce qui concerne l'état de détérioration des chaises, M. Mercier lui précise qu'après vérification des détails d'armature, la capacité des chaises n'apparaît pas préoccupante³²⁶. Il annonce que des recommandations seront émises, mais qu'elles n'appelleront vraisemblablement pas d'action à court terme au-delà du suivi des désordres. M. Mercier affirme avoir confirmé le tout à nouveau par téléphone durant la semaine qui a suivi³²⁷, ce dont ne se souvient toutefois pas M. Bossé³²⁸.

De retour à Québec, M. Mercier discute avec M. Jacques Prévost, son supérieur immédiat³²⁹. Ils procèdent à un examen du relevé photographique et concluent qu'il n'y a rien d'urgent à réparer. De plus, rien ne justifie à leurs yeux de pousser davantage l'examen avec des essais, des carottes ou à l'aide d'une instrumentation³³⁰. Ils considèrent cependant qu'un suivi du comportement des chaises et de la fissuration s'impose³³¹.

Dans sa demande, M. Bossé suggérerait le levage du tablier comme alternative à considérer pour établir un diagnostic fiable de l'état des assises. Dans la mesure où il n'apparaît pas requis de réparer ces dernières, MM. Mercier et Prévost écartent cette option³³².

³²³ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 185 à 187.

³²⁴ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 96 à 105.

³²⁵ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 117 et 118.

³²⁶ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 41 à 46.

³²⁷ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 164.

³²⁸ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 49.

³²⁹ Il est à noter que le chef du Service de l'entretien de l'époque, M. Claude Leclerc, ing., qui était alors le supérieur immédiat de M. Prévost, n'était pas un expert dans le domaine des structures ni dans celui des matériaux, pas plus qu'il n'avait d'expérience dans le domaine. Tout au plus, il avait suivi les cours dispensés par la DS au sujet de l'entretien des structures : C. Leclerc, Transcription, 14 mai 2007, p. 168 à 171.

³³⁰ En janvier 2005, M. Mercier envisagera d'éliminer les deux joints, qu'il croit à l'origine du problème. Les résultats indiquent cependant que l'absence de joint de dilatation occasionnerait des efforts trop importants dans la structure en raison de la grande rigidité de la culée ancrée au roc. L'alternative retenue pour des travaux futurs consiste donc à éliminer uniquement le joint fixe : C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 121 et 122. Voir également la Pièce COM-56, p. 157 à 174 pour les calculs.

³³¹ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 117 à 119. Selon M. Mercier, si M. Bossé a manifesté de l'inquiétude au sujet de la désagrégation des assises, c'est parce qu'il n'avait pas consulté les détails de l'armature des chaises sur les plans. À la suite de l'examen des plans, MM. Mercier et Prévost sont convaincus que l'état des assises n'est pas problématique : C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 270.

³³² Le levage d'un tablier de 700 tonnes sur une hauteur de l'ordre de 1,0 m n'est pas chose simple. Une telle procédure n'avait d'ailleurs jamais été réalisée auparavant par la DS et elle aurait requis l'interruption de services d'utilité publique. Il n'était donc pas question pour MM. Mercier et Prévost de lever le tablier simplement pour inspecter, d'autant plus que, selon eux, l'état des assises ne commandait aucune action urgente. Si le suivi des déficiences avait éventuellement révélé que celles-ci devenaient sérieuses (comme une fissuration active ou un abaissement des appareils d'appui), il aurait alors été recommandé de réparer les assises complètement, depuis le dessus de l'ouvrage en supportant la travée centrale, plutôt que de la lever : C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 126 à 133.

4.7.6.4 Réponse écrite transmise par la Direction des structures en mars 2005

La réponse officielle à la demande d'assistance de M. Bossé est transmise par lettre, le 3 mars 2005³³³. Essentiellement, la Direction des structures recommande de ne pas intervenir à court terme, mais de suivre de près, lors des inspections à venir, l'évolution des dommages relevés lors de la visite de M. Mercier en juillet 2004. Une lettre en pièce jointe résume les observations et recommandations de l'ingénieur Mercier³³⁴. Ce dernier reconnaît que les assises sont inaccessibles et qu'elles montrent des signes de détérioration significatifs près des parois latérales. Il ajoute toutefois qu'il n'est pas nécessaire à ce stade de procéder à une inspection plus détaillée. La question des fissures qui inquiétaient M. Bossé n'y est pas abordée explicitement. Dans son témoignage, M. Mercier a affirmé qu'il avait rassuré M. Bossé verbalement sur ce point et que dans sa lettre, la question se voyait implicitement traitée dans la recommandation relative au suivi des dégradations³³⁵.

Il faut noter que lors de son témoignage, M. Guy Richard, directeur de la Direction des structures, a tenu à préciser que l'opinion émise en réponse à la demande d'assistance de M. Bossé était celle de la Direction des structures dans son entièreté et non seulement celle de M. Mercier³³⁶. Il faut aussi rappeler que la DS était consciente des difficultés d'inspection et d'entretien de ce type d'ouvrage particulièrement en raison de la vulnérabilité des joints de dilatation apparue clairement au cours des années. Elle a placé les ouvrages de ce type dans la catégorie de niveau 1 requérant des inspections par un inspecteur de grade A1. Toutefois, elle n'a jamais adopté de directives ou de mesures particulières avant l'effondrement du viaduc de la Concorde pour sensibiliser les DT à l'importance d'une surveillance particulière à l'égard de ce type de structures³³⁷.

4.7.6.5 Délai de réponse et production d'un rapport d'inspection spéciale

M. Leclerc concède que dans le cas du viaduc de la Concorde, la réponse écrite fut adressée à M. Bossé plus de huit mois après sa demande d'assistance, alors qu'il tentait, à titre de gestionnaire, de faire un suivi dans les six mois. Il rappelle toutefois que les réponses aux préoccupations de M. Bossé lui avaient été communiquées verbalement très tôt et qu'il avait été convenu avec lui que le rapport écrit serait produit plus tard. M. Mercier l'avait rassuré sur l'état du viaduc au terme de son inspection et l'avait avisé qu'il n'y avait pas urgence³³⁸.

³³³ Pièce COM-56, p. 177 et 178.

³³⁴ Pièce COM-56, p. 175 et 176. La lettre de M. Mercier est assortie d'une suggestion de travaux correctifs aux assises. Il y est précisé que ces travaux ne devraient être envisagés que lorsque des dommages plus importants seraient constatés, tels la fissuration active ou l'abaissement des poutres aux appuis. À ce sujet, M. Mercier a mentionné dans son témoignage (à l'instar de M. Bossé préalablement) que le MTQ effectuait une gestion du risque, en raison des grands besoins en matières de réparation et des ressources limitées. Ainsi, la structure du viaduc de la Concorde méritait des travaux d'entretien, mais à moyen terme. Selon lui, il n'était pas urgent de procéder aux interventions, quoiqu'un suivi fut tout de même souhaitable. La recommandation d'attendre avant d'intervenir n'empêchait par ailleurs pas la direction territoriale de se préparer à réaliser les travaux : C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 199 et 200.

³³⁵ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 164 et 165.

³³⁶ G. Richard, Transcription, 16 mai 2007, p. 53.

³³⁷ G. Richard, Transcription, 12 avril 2007, p. 242 à 244 ; 16 mai 2007, p. 241 à 246 ; Pièce COM-6, p.5. La dernière date de construction apparaissant sur la liste de ces ouvrages est 1972. Toutefois, M. Richard n'étant pas en poste à la DS à cette époque, il peut seulement affirmer qu'aucune construction de ce type ne fut autorisée depuis son entrée en fonction en 1986. Le manuel de conception en vigueur le mentionne d'ailleurs expressément.

³³⁸ C. Leclerc, Transcription, 14 mai 2007, p. 194 à 196.

Dans son témoignage devant la Commission, M. Mercier a admis que, hormis sa lettre du 1^{er} mars 2005 préparée à l'intention de M. Claude Leclerc, aucun rapport d'inspection spéciale n'a été produit³³⁹. S'il n'existe pas de formulaire ni de fiche typique prévus aux fins de ce type d'inspection, il est à noter que le *Manuel d'inspection des structures – Évaluation des dommages* prévoit la production d'un rapport d'inspection en bonne et due forme et en précise le contenu de façon assez détaillée³⁴⁰.

4.7.6.5.1 Suivi donné aux recommandations de la Direction des structures

Il faut rappeler que la Direction des structures constitue un centre d'expertise de pointe auquel font appel, au besoin, les directions territoriales. Cependant, dans le système actuel, bien qu'elle jouisse d'un ascendant certain, l'autorité de la DS est davantage technique qu'administrative. Elle laisse la direction territoriale assumer seule la responsabilité de choisir le suivi qu'elle juge approprié³⁴¹.

En l'occurrence, outre la recommandation de suivi des dommages formulée dans sa lettre du 1^{er} mars 2005, M. Mercier soutient avoir précisé verbalement à M. Bossé qu'il faudrait effectuer un suivi des fissures avec relevé quantitatif (largeur et longueur des fissures)³⁴². À ce sujet, M. Bossé a admis dans son témoignage qu'un suivi quantitatif enregistrement de la taille et de la localisation des fissures était envisagé, mais qu'il n'avait jamais donné suite à la recommandation de la DS, bien que deux inspections (inspection sommaire à l'automne 2004 et inspection générale de 2005) aient été réalisées par la suite. Selon M. Bossé, la lettre de la DS ne précisait pas qu'il fallait entreprendre sur le champ une évaluation précise de l'évolution³⁴³.

C'est seulement après l'effondrement du viaduc que M. Mercier a appris que la DT n'avait effectué aucun relevé quantitatif de la fissuration³⁴⁴. Il n'a pas lui-même assuré de suivi du dossier après la transmission de ses recommandations³⁴⁵. En fait, à l'instar de la procédure actuellement en vigueur au sein de la DS, M. Leclerc n'avait pas instauré de mesures de suivi systématique relativement aux recommandations formulées aux directions territoriales à la suite des inspections spéciales³⁴⁶.

Constats de la Commission

Dans l'organisation actuelle, la DS se définit comme une unité-conseil auprès des DT à qui il revient de prendre les décisions d'effectuer les interventions sur les structures. Même si les DT affirment qu'elles observent généralement les conseils de la DS, cela crée une situation marquée par l'ambiguïté et l'absence d'imputabilité claire quant à la prise des décisions critiques.

³³⁹ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 259 et 260.

³⁴⁰ Pièce COM-30D, p. 25 et 26. Incidemment, la lettre de M. Mercier n'était pas accompagnée de photos ou de croquis, contrairement à ce que le Manuel prévoit pour illustrer l'ampleur des défauts observés. Cependant, les notes et les photos prises par M. Mercier lors de son inspection (Pièces COM-56, p. 150 à 152 et COM-1E), ainsi que ses calculs subséquents (Pièce COM-56, p. 157 à 174), ont été versés au dossier de la DS.

³⁴¹ G. Richard, Transcription, 16 mai 2007, p. 13 à 15 et 36. Voir aussi la Pièce COM-30D, p. 36. Pour plus de détail sur le rôle de la Direction des structures, voir l'Annexe 19, Note complémentaire n° 3. Il faut se rappeler que la procédure actuellement en vigueur au sein de la DS ne prévoit pas de vérification systématique pour contrôler les suivis effectués par les directions territoriales à la suite des avis fournis par la DS.

³⁴² C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 224.

³⁴³ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 65, 142 et 143.

³⁴⁴ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 228.

³⁴⁵ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 136 et 137.

³⁴⁶ C. Leclerc, Transcription, 14 mai 2007, p. 197.

La Commission constate que dans le système en vigueur en 2004, et qui l'est toujours, l'ingénieur qui fait appel à la Direction des structures pour obtenir une expertise de pointe reste ensuite responsable du suivi à donner à l'avis obtenu. Ceci suggère une relation entre la DS et les DT qui s'apparente davantage à celle d'un cabinet-conseil externe face à son client qu'à celle d'une unité spécialisée agissant en soutien d'une autre unité de la même organisation, partageant toutes deux l'imputabilité du résultat final.

Cette ambiguïté des rôles prête à conséquence. La Commission formule des recommandations à ce sujet au chapitre 7.

La Commission est d'avis que l'inspection de 2004 ne s'est pas déroulée avec une rigueur suffisante. L'ingénieur Bossé avait signifié clairement ses inquiétudes à la DS. Puisque M. Mercier représente l'unité détenant l'expertise de pointe au Ministère, il aurait été normal qu'il procède à une inspection plus en profondeur. Au contraire, M. Mercier mène une inspection similaire à celles que l'ingénieur Bossé avait lui-même réalisées.

Considérant l'ensemble de ces faits, la Commission, tout en déplorant le manque de rigueur de M. Mercier dans la conduite de l'inspection en 2004, blâme surtout le MTQ pour avoir toléré l'ambiguïté quant à l'imputabilité de la DS et de la DT, pour ne pas avoir vu à la bonne tenue des dossiers et pour n'avoir jamais su traduire la connaissance qu'il avait dans un programme d'inspection et d'entretien adapté à l'ouvrage.

4

4.8 Inspections entre 2004 et 2006

Deux inspections furent réalisées après l'inspection spéciale menée par la Direction des structures en 2004.

Une nouvelle inspection sommaire eut lieu en octobre 2004. Elle rappelle essentiellement les observations relevées lors des inspections précédentes. Curieusement, quelques mois seulement après avoir effectué une inspection spéciale en raison de problèmes préoccupants dans les porte-à-faux, et sans qu'aucune intervention n'ait été pratiquée, l'état général du viaduc est qualifié de « bon »³⁴⁷.

La dernière inspection réalisée sur le viaduc de la Concorde avant son effondrement est l'inspection générale effectuée par la DT en 2005. La cote CEC des poutres-caissons est abaissée à 3 (extrémités). En conséquence, le viaduc se voit attribuer la cote CECS-3, ce qui correspond dans le barème du MTQ à une condition générale « médiocre ». Quoiqu'il en soit, dans le rapport, l'état général du pont est qualifié « d'acceptable », avec une référence explicite à la lettre du 3 mars 2005 de M. Leclerc. Après la mise à jour en mars du rapport d'inspection générale dans le Système 5016 reflétant la suggestion de travaux et l'estimation préparée par M. Mercier, l'estimation pour les mêmes travaux est révisée à 516 500 \$, vraisemblablement afin de tenir compte de coûts plus réalistes pour le remplacement des joints. Aucun suivi

³⁴⁷ Pièce COM-31B, p. 153.

spécifique des fissures n'est inscrit dans le rapport, contrairement aux recommandations de la Direction des structures³⁴⁸.

La principale intervention effectuée sur le viaduc de la Concorde entre 2004 et 2006 a consisté à faire tomber des fragments de béton lâches (sécurisation) sous le tablier. Les travaux ont été effectués le 15 septembre 2005³⁴⁹.

Constats de la Commission

De l'ensemble des rapports d'inspection soumis à la Commission et des témoignages entendus à ce sujet, il se dégage que depuis plus de 30 ans, le personnel du Ministère (tant au niveau de la direction territoriale que celui de la Direction des structures) avait conscience du caractère particulier du viaduc de la Concorde, construit selon un concept inhabituel et posant des problèmes importants au chapitre de l'inspection.

Pourtant, à aucun moment, la documentation et les témoignages entendus ne révèlent une intention du Ministère d'adopter quelque mesure spécifique de surveillance ou d'entretien qui tienne compte de ces particularités du viaduc de la Concorde et des autres ouvrages du même type.

La Commission constate que plusieurs occasions ont été manquées au fil des années pour investiguer en détail l'état de la structure et que les dispositions prévues dans les manuels en vigueur n'ont pas toutes été suivies.

La Commission considère que le Ministère doit voir à ce que ses professionnels et techniciens appliquent ses règles avec rigueur.

La Commission est d'avis que le Ministère doit davantage identifier les structures à risque et leur accorder un statut spécial dans le système de gestion des ouvrages placés sous sa responsabilité. La Commission est sensible aux insuffisances alléguées de ressources humaines et budgétaires eu égard aux tâches à accomplir, mais elle estime néanmoins que cette situation ne diminue en rien la responsabilité du Ministère de prioriser efficacement les interventions d'une façon rigoureuse.

Enfin, la Commission est d'avis que l'expertise individuelle du personnel du MTQ est bonne et que le programme de formation continue du personnel est adéquat. Cependant, les témoignages ont démontré une absence de travail en équipe et une culture qui valorise l'autonomie individuelle sans un réel contrôle de qualité par la structure hiérarchique. Le comportement de refus de la hiérarchisation professionnelle dans les opérations n'est pas propice au développement soutenu d'une expertise de haut niveau à travers l'ensemble de l'organisation.

³⁴⁸ Pièce COM-31B, p. 179 à 196.

³⁴⁹ Pièce COM-31B, p. 254.

CHAPITRE 5

5. EXPERTISES

5.1 Introduction

L'un des trois volets du mandat de la Commission est de déterminer les causes de l'effondrement du viaduc de la Concorde. Pour ce faire, la Commission a concentré ses recherches sur :

- la conception de l'ouvrage ;
- sa construction ;
- la surveillance de sa construction ;
- son inspection et son entretien.

La Commission a aussi voulu savoir quel avait été le mode de rupture du viaduc de la Concorde et dans quel état était cet ouvrage le 30 septembre 2006.

La Commission a mandaté un groupe d'experts sous la direction de M. Jacques Marchand, ing., Ph. D. et de M. Denis Mitchell, ing., Ph. D., respectivement professeurs à l'Université Laval et à l'Université McGill. Tous deux de réputation internationale, Jacques Marchand est reconnu pour ses connaissances dans le secteur des matériaux et Denis Mitchell pour les questions concernant les structures. Sous leur direction, les travaux des experts de la Commission ont été réalisés par une équipe multidisciplinaire, qui comprenait également M. Alexander M. Vaysburd, P.Eng., Ph. D. et M. Benoît Bissonnette, ing., Ph. D., deux experts en matière d'inspection et de réparation d'ouvrages d'art.

Le MTQ et DSA ont également mandaté leurs propres experts pour mener un certain nombre d'expertises sur des sujets qui les intéressaient. Il s'agit pour le MTQ de M. Bruno Massicotte, ing., Ph. D., professeur à l'École Polytechnique de Montréal, qui agit à titre de coordonnateur d'une équipe d'experts du Ministère et des milieux universitaires. Quant à la firme DSA, elle a mandaté M. Frédéric Légeron, ing., Ph. D., professeur à l'Université de Sherbrooke, et M. Mohan Malhotra, un spécialiste du béton, anciennement de CANMET.

La liste complète des experts mandatés dans le cadre des travaux de la Commission, ainsi que leurs qualités et titres, est présentée à l'Annexe 12 et les rapports d'expertise à l'Annexe 14.

Les Commissaires ont demandé que les experts des participants et de la Commission tiennent une conférence préparatoire afin de tenter d'établir un consensus quant à certains éléments de nature technique avant que la Commission n'entende les témoignages des experts.

Cette conférence préparatoire s'est déroulée le 26 juin 2007, sous la direction du directeur technique de la Commission, avec la participation des experts de la Commission, du MTQ et de DSA. Parmi les nombreux sujets abordés durant cette réunion, plusieurs d'entre eux

ont fait l'objet d'un consensus substantiel et important pour la poursuite des travaux de la Commission¹.

Le consensus qui s'est dégagé lors de cette conférence préparatoire représente le dénominateur commun accepté par tous les participants. Cependant, ces derniers se sont réservés le droit de laisser leurs experts exprimer des opinions sur les sujets controversés ou qui outrepassaient les consensus.

Le Chapitre 5 présente un résumé de la substance qui se dégage des différents rapports d'expertise². Dans chaque section de ce chapitre, un encadré présentera *in extenso* le consensus partiel ou total sur l'enjeu. Par ailleurs, les thèses en opposition seront soulignées et exposées succinctement. Quant à la Commission, elle soulignera des aspects fondamentaux des opinions des experts ou indiquera son avis en présence d'opinions divergentes quand elle le jugera pertinent.

5.2 Nature et envergure des travaux d'expertise

Les diverses expertises ont débuté le lendemain de l'effondrement. Dès le 1^{er} octobre 2006, les experts de la Commission et du MTQ examinaient ce qui restait du viaduc de la Concorde. Les opérations de carottage, les essais non destructifs et d'autres observations réalisées sur le site de l'effondrement se sont échelonnés jusqu'au 21 octobre 2006, date à laquelle le viaduc a été démoli.

Les experts de la Commission ont pris connaissance de l'ensemble des éléments de preuve disponible et ont procédé à des expertises sur les sites Concorde et de Blois et sur le site d'entreposage Belgrand, à l'est de Laval, ainsi qu'en laboratoire. Ils ont procédé aux différents calculs et mesures nécessaires à la réalisation de leur mandat défini par la Commission. Par ailleurs, ils ont assisté les experts du MTQ dans les expertises que ceux-ci ont eux-mêmes réalisées en coordonnant les travaux sur les sites placés sous la responsabilité de la Commission.

Les travaux réalisés sur le site Belgrand se sont échelonnés de novembre 2006 à février 2007. Durant cette période, les experts de la Commission ont réalisé différents relevés, procédé à la prise de carottes supplémentaires et disséqué certaines pièces. Le 12 février 2007, le site a été remis au MTQ qui a pu réaliser ses propres observations sur les blocs laissés sur place (figure 5.1). En août 2007, des expertises complémentaires de dissection et de carottage ont été réalisées suivant un protocole sur lequel les experts s'étaient préalablement entendus. (Voir la section 10 de ce chapitre.)

¹ Pièce COM-72.

² Les rapports complets sont inclus à l'Annexe 14 « Rapports d'expertise ».



Figure 5.1 Opérations effectuées sur le site de l'effondrement et sur le site d'entreposage de la rue Belgrand

Les expertises des différents participants ont fait appel à plusieurs essais en laboratoire. Certains d'entre eux ont été réalisés sur des pièces de béton et d'acier prélevées à même le viaduc avant sa démolition ou encore sur les pièces entreposées au site de la rue Belgrand. D'autres essais ont nécessité la construction de prototypes représentant le porte-à-faux du viaduc. Enfin, des analyses de comportement structural et thermique par éléments finis ont aussi été effectuées.

De façon générale, les essais en laboratoire se sont déroulés entre la fin octobre 2006 et la mi-avril 2007 et les analyses structurales à la fin avril 2007. Les experts se sont ensuite consacrés à la rédaction de leurs rapports et à la préparation de leur témoignage devant la Commission. Certains résultats d'analyses thermiques ont été communiqués par les experts du MTQ en septembre 2007, tel que décrit à la section 5.9.4.2.

5.3 Conception

5.3.1 Caractère particulier de la structure

Le viaduc de la Concorde présente un caractère particulier inhérent au fait que les poutres de sa travée centrale reposent sur des chaises situées à l'extrémité des porte-à-faux des culées. Dans la plupart des structures, les poutres reposent directement sur les culées, à la verticale des fondations.

La majeure partie du porte-à-faux peut être assimilée à une dalle épaisse pleine et elle est désignée comme la « zone régulière » du porte-à-faux. L'extrémité des porte-à-faux comporte une « zone perturbée », dans la région de l'assise, où le cheminement des contraintes est beaucoup plus complexe (voir chapitre 2, Figure 2.12).

Par ailleurs, la structure comporte un biais qui influe sur la distribution des contraintes et concentre les efforts aux coins sud-est et nord-ouest du viaduc.

La culée en porte-à-faux se termine par une chaise continue sur toute sa largeur. Ce type d'appui, inaccessible aux fins d'inspection et d'entretien, sauf aux extrémités, favorise l'accumulation d'eau, de sels fondants et de débris. Le Code CSA-S6-2006 actuellement en vigueur interdit de tels détails de conception en raison des difficultés évidentes d'entretien. Par contre, le Code CSA-S6-1966 était silencieux à cet égard.

L'examen de la structure après effondrement montre que la chaise de la partie sud de la culée est qui sert d'appui aux poutres précontraintes ne s'est pas fracturée et qu'elle est demeurée intacte. Il en est de même pour la chaise de la culée ouest.

Consensus du 26 juin des experts relativement au caractère particulier de la structure

« L'assise n'est pas en cause dans l'effondrement. »

« L'assise en travée constitue un élément structural difficile d'accès. La configuration de l'assise favorise l'accumulation de l'eau, de sels et des débris dans une zone critique de l'ouvrage. Il s'agit d'un élément structural critique situé dans une zone d'endommagement potentiel. »

« Le MTQ ne construit plus ce type de structure depuis plus de 20 ans. »

5.3.2 Vérification de la capacité selon le Code CSA-S6-1966

Les calculs par éléments finis avec de puissants ordinateurs n'étaient pas courants à la fin des années 1960 et le microordinateur n'existait pas encore. Les ingénieurs en pratique quotidienne devaient donc recourir à des méthodes simples pour évaluer approximativement les forces dans un ouvrage, ce qui supposait nécessairement des simplifications pour analyser les situations complexes.

Dans le cas du porte-à-faux du viaduc de la Concorde, le concepteur a témoigné qu'il avait fait l'hypothèse d'une distribution uniforme des charges sur toute la largeur du pont. L'étude se faisait en considérant une tranche unitaire de la dalle épaisse considérée comme représentative³ de la structure. Le code de l'époque ne donnait pas d'instruction pour la prise en compte des effets du biais, qui crée des concentrations de forces aux coins aigus du porte-à-faux, soit le coin *nord* de la culée *ouest* et le coin *sud* de la culée *est* (on verra l'importance des variations de contraintes résultant du biais à la section suivante). L'effet du biais a été calculé par M. Dupaul en considérant la longueur du porte-à-faux comme étant mesurée selon l'axe du pont et

³ G. Dupaul, Transcription, 19 avril 2007, p. 29.

non mesurée perpendiculairement à l'axe des appuis. Les experts ont témoigné que les calculs de l'ingénieur Dupaul étaient conformes à la pratique, compte tenu des moyens de l'époque⁴.

5.3.2.1 Résistance en cisaillement

De l'avis des experts, la contrainte en cisaillement calculée par le concepteur du viaduc de la Concorde était inférieure à la contrainte admissible à l'époque⁵ et le code n'exigeait pas de prévoir une armature minimale en cisaillement.

5.3.2.2 Calcul des zones perturbées

Les codes en vigueur en 1969-70 ne contenaient pas de prescriptions spécifiques pour les zones perturbées, dans lesquelles la transmission des efforts internes est complexe, comme à l'extrémité du porte-à-faux. De plus, les rapports et les témoignages des experts ont établi que la littérature de l'époque ne renfermait que des indications incomplètes et parfois erronées quant à la disposition des armatures dans un appui en chaise en bout de poutre ou de dalle.

Comme l'exprime le consensus du 26 juin 2007, il y a, en général, accord quant à la conformité de la conception selon les exigences du Code CSA-S6-1966.

Consensus du 26 juin 2007 concernant la conformité de la conception – Code CSA-S6-1966

« La conception n'enfreint aucune des dispositions majeures du Code S6-1966. »

« Le code n'exigeait pas que la dalle épaisse du porte-à-faux soit renforcée par des étriers. »

« Le code ne contenait aucune disposition concernant la conception des zones perturbées. »

5.3.2.3 Évolution des codes entre 1966 et 2006

Dans le domaine du béton armé, des avancées scientifiques majeures ont été réalisées depuis les années 1980, entraînant une évolution considérable des codes. Il importe de souligner deux aspects majeurs de cette évolution : la résistance unitaire des efforts en cisaillement en zone régulière et le calcul des zones perturbées.

a) Résistance en cisaillement dans les zones régulières

Dans le calcul des éléments de béton armé en zone régulière, les calculs de résistance en cisaillement sont devenus plus complexes et précis. Les méthodes de calcul actuelles reconnaissent, en particulier, un effet d'échelle, qui fait en sorte que la résistance unitaire du béton non armé en cisaillement diminue avec l'augmentation de l'épaisseur de l'élément. En d'autres termes, la résistance en cisaillement du béton non armé de la dalle épaisse pleine admise aujourd'hui est inférieure à celle de 1966.

⁴ Pièces COM-62, p. 102, DS-1, p. 6 et MTQ-1 (amendements intégrés), p. 34.

⁵ Pièces COM-62, p. 102, DS-1, p. 6 et MTQ-1 (amendements intégrés), p. 34.

L'effet d'échelle sur la résistance en cisaillement est un phénomène qui a été étudié notamment au Japon par Shioya en 1989 (figure 5.2). La théorie a été développée par Collins et Mitchell⁶ et l'effet d'échelle a été introduit dans le Code canadien en 1994 (CSA-A23.3-1994) et dans le Code canadien sur les ponts en 2000 (CSA-S6-2000).

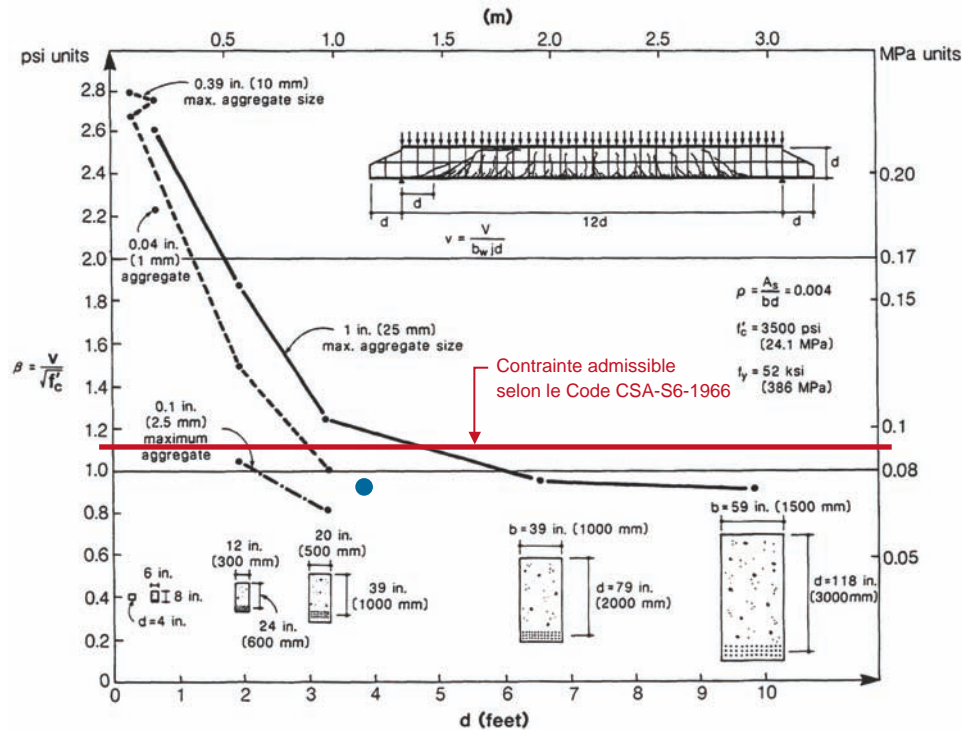


Figure 5.2 Effet d'échelle affectant la résistance en cisaillement⁷

b) Calcul des zones perturbées

Les codes de conception modernes pour les ouvrages en béton armé s'appuient sur la théorie des modèles par bielles et tirants, « Strut and Tie Model », pour le calcul des régions perturbées. Ce modèle a été développé par Collins et Mitchell. Il fut introduit dans le Code canadien en 1984 (CSA-A23.3-1984) et dans le Code canadien sur les ponts en 2000 (CSA-S6-2000). La figure 5.3 illustre l'analyse de la zone perturbée du porte-à-faux du viaduc de la Concorde à l'aide de la théorie des bielles et tirants.

⁶ Collins et Mitchell (1990). Prestressed Concrete Structures, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.

⁷ Pièce COM-69, p. 84.

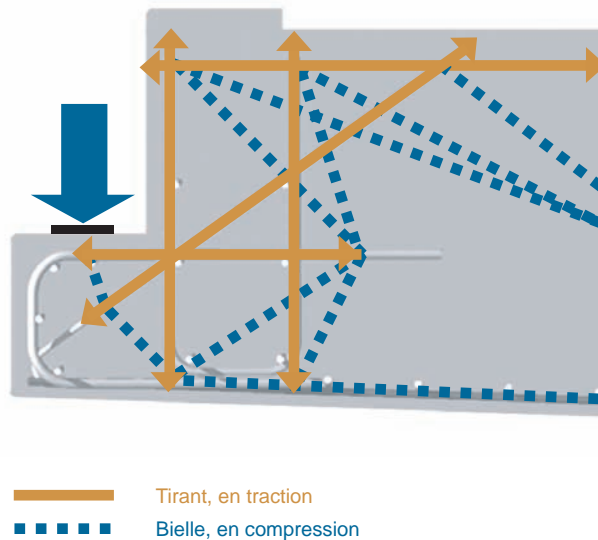


Figure 5.3 Analyse de la zone perturbée du porte-à-faux du viaduc de la Concorde, à l'aide de la théorie des bielles et tirants⁸

5.3.3 Vérification de la capacité selon le Code CSA-S6-2006

La question de la conformité aux exigences du code actuel CSA-S6-2006 est abordée en suivant les trois mêmes thèmes de la section précédente, soit l'analyse des sollicitations, la conception de la zone régulière relativement au cisaillement et la conception de la zone perturbée au voisinage de la chaise.

5.3.3.1 Analyse des contraintes

Le Code CSA-S6-2006 permet d'utiliser une méthode de calcul simplifiée pour tenir compte de l'effet du biais. En appliquant cette méthode d'analyse simplifiée au viaduc de la Concorde et en comparant les résultats avec ceux d'analyses tridimensionnelles par éléments finis, l'expertise a démontré que l'analyse simplifiée sous-estime l'effet réel du biais et que le poids considérable du trottoir en porte-à-faux accentue davantage la concentration des forces dans l'angle aigu⁹ (figure 5.4). Les experts du MTQ et ceux de la Commission ont présenté des résultats comparables quant à la distribution des réactions sur les appareils d'appui, qui augmentent pratiquement du simple au double vers les appuis externes du côté aigu^{10, 11}.

⁸ Pièce COM-69, p. 89.

⁹ Pièce COM-62, p. 106.

¹⁰ Pièce COM-62, p. 107.

¹¹ Pièce MTQ-1 (amendements intégrés), p. 30.

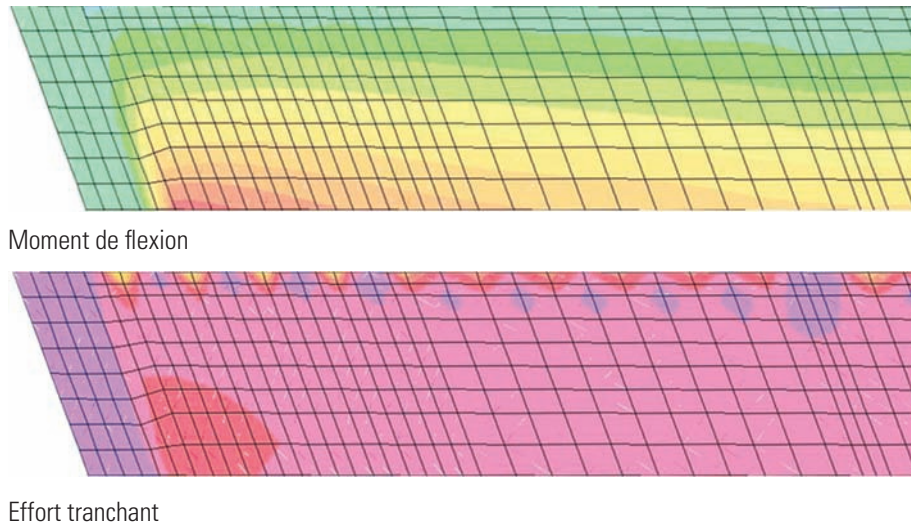


Figure 5.4 Distribution du moment de flexion et de l'effort tranchant dans le porte-à-faux du viaduc de la Concorde sous la charge morte, illustrant la concentration des contraintes dues au biais¹²

5.3.3.2 Résistance en cisaillement dans la dalle épaisse

En utilisant les résultats de l'analyse raffinée, les experts de la Commission concluent que, selon les exigences du Code CSA-S6-2006, la capacité du viaduc conçu sans armature de cisaillement est insuffisante pour résister aux charges mortes et vives dans la zone externe du porte-à-faux¹³. Par conséquent, il aurait fallu placer des armatures de cisaillement tout au moins dans une partie de la culée, sous forme de barres verticales disposées à intervalles réguliers dans chaque direction et correctement ancrées aux armatures principales du haut et du bas de la dalle.

Le Code CSA-S6-2006 n'exige pas d'armature minimale en cisaillement, à moins que les calculs de résistance ne le requièrent.

Compte tenu de la concentration des sollicitations calculées dans la structure, les experts estiment que, selon le code actuel, de telles armatures de cisaillement tout le long du porte-à-faux auraient été requises en considérant, pour le chargement, le véhicule de référence CL-625 (625 kN ou 62,5 tonnes) prévu dans le code actuel^{14,15,16}. Ils estiment, à l'exception de l'expert de DSA, que cette exigence s'applique également au camion H20-S16 (32 tonnes), beaucoup plus léger, qui servait de référence dans le Code CSA-S6-1966. L'expert de DSA a cependant utilisé la méthode simplifiée d'analyse¹⁷.

Lors de son témoignage, en référence au caractère localisé du déficit de résistance en cisaillement, l'expert du MTQ a émis l'opinion qu'une baisse de charge admissible, pour l'ensemble du porte-à-faux n'était pas justifiée et qu'il fallait évaluer la question en considérant l'état général du pont et tenir compte de la répartition transversale des efforts et des circonstances pouvant réduire la charge réelle.

¹² Pièce COM-69, p. 79.

¹³ Pièce COM-62, p. 112.

¹⁴ Pièce COM-62, p. 112 et 113.

¹⁵ Pièce MTQ-1 (amendements intégrés), p. 34.

¹⁶ Pièce DS-1, p. 8.

¹⁷ Pièce DS-1, p. 8.

Constats de la Commission

La Commission estime qu'il est inapproprié de compter sur de présumés effets de redistribution de charge quand on analyse un mode de rupture fragile, comme celui associé au cisaillement dans une masse de béton non armé pour résister au cisaillement. L'interprétation des experts du MTQ n'est pas retenue par la Commission.

La Commission estime qu'à cause du comportement fragile du béton non armé en cisaillement, un déficit de résistance, même localisé, peut avoir des conséquences catastrophiques.

5.3.3.3 Conception de la zone perturbée de la chaise

Compte tenu de la philosophie des codes actuels selon laquelle la conception des structures se fait en considérant les états limites¹⁸ (y compris les états limites de résistance), la pratique courante exigerait que les suspentes puissent développer leur pleine capacité à l'état limite. Or, cela n'est possible que si les crochets supérieurs des suspentes et des barres inclinées sont accrochées aux barres de flexion n° 14. Dans la conception de l'ingénieur Dupaul, la liaison à la barre n° 14 se faisait en plaçant les crochets des suspentes parallèlement à l'acier supérieur, un détail incorrect dans la pratique d'aujourd'hui.

Les expertises sont concordantes quant à la résistance du détail de la chaise (« tel que conçu ») qui est de l'ordre de 850 kN, en supposant que s'effectue, comme il se doit, le transfert d'effort entre les crochets horizontaux des suspentes en U et les barres n° 14. La dégradation du béton dans la région du joint de dilatation peut cependant réduire considérablement cette résistance théorique.

Le point faible du détail de l'armature qui doit effectuer ce transfert est que l'adhérence des barres n° 14 à l'extrémité du porte-à-faux n'est pas assurée de façon satisfaisante compte tenu des forces considérables à transmettre sur une longueur limitée. Si ce transfert fait défaut, alors la charge à l'état limite doit passer pour l'essentiel par la barre inclinée n° 6 : celle-ci ne peut soutenir qu'une charge limitée.

Constat de la Commission

La conception de la région perturbée de la chaise ne répond pas aux exigences de la norme actuelle et n'est pas conforme aux meilleures pratiques en vigueur aujourd'hui.

5.3.3.4 Manuel d'évaluation de la capacité portante du MTQ

Les expertises¹⁹ ont démontré que le Ministère prescrit dans l'édition actuelle de son *Manuel d'évaluation de la capacité portante des structures*, édition de 2004²⁰, certains critères d'évaluation de la capacité portante moins sévères que ceux du chapitre 14 du Code CSA-S6-2000 ou S6-2006. En particulier, la capacité portante des dalles épaisses pleines calculée selon le

¹⁸ F. Légeron, Transcription, 12 juillet 2007, p. 188.

¹⁹ D. Mitchell, Transcription, 10 juillet 2007, p. 68.

²⁰ Pièce COM-30G.

Manuel est surestimée²¹. Cet état de fait constituant une lacune sérieuse, la Commission a déjà suggéré au MTQ d'exiger que, lors de l'évaluation de la condition des ouvrages, les calculs soient effectués selon le Code CSA-S6-2006.

La Commission estime que les éléments essentiels quant au chapitre de l'évaluation selon les codes actuels sont inclus dans le libellé du consensus.

Consensus du 26 juin 2007 concernant la conformité de la conception au code CSA-S6-2006 et la capacité portante de l'ouvrage

« La conception ne satisfait pas les exigences actuelles du code S6-2006 en ce qui concerne la résistance en cisaillement. »

« Le porte-à-faux n'avait pas la capacité structurale requise en cisaillement selon les exigences du chapitre 14 du code S6-2000 et S6-2006. »

« Le Manuel d'évaluation de la capacité portante du MTQ doit être mis à jour pour correspondre aux exigences du chapitre 14 du code S6-2006. »

5.3.4 Détails de l'acier d'armature

L'une des faiblesses majeures du viaduc de la Concorde tient à la déficience de l'ancrage des suspentes en U n° 8 et des barres diagonales n° 6 aux barres longitudinales n° 14. Nonobstant la manière dont les barres ont été disposées lors de la construction, aucun ancrage mécanique n'était prévu sur les plans pour transférer les efforts appliqués aux appuis vers les barres reprenant les efforts de flexion. La méthode d'ancrage prévue par le concepteur était un crochet à l'extrémité supérieure des suspentes en U placé en parallèle aux barres n° 14, dans un même plan horizontal. Or, avec cette disposition des aciers d'armature, plusieurs barres se retrouvent sur un même plan, favorisant ainsi la formation d'un plan de faiblesse à cet endroit. D'ailleurs, lors de l'effondrement et lors des essais en laboratoire, il a été constaté que la chaise demeurait dans un état monolithique après la rupture et que le point faible du viaduc était justement le lien entre l'armature de la zone perturbée et celle du reste du porte-à-faux.

Selon les experts du MTQ, l'extrémité des barres n° 14 était ancrée de façon incorrecte dans le haut de la chaise. Au lieu d'être droites, elles auraient dû se terminer par un crochet à 90° ou 180°²². D'après eux, « *ces exigences étaient mentionnées dans le Code CSA-S6-1966 et demeurent toujours valides aujourd'hui* ». Malgré tout, les experts du MTQ partagent l'affirmation du consensus à l'effet que la conception n'enfreint aucune des dispositions majeures du Code CSA-S6-1966.

La disposition des barres d'armature dans la zone perturbée a été réalisée selon les connaissances de l'époque et les méthodes en vigueur. De nos jours, une telle disposition des armatures serait qualifiée d'inacceptable et non conforme.

²¹ Pièce COM-69 p. 225.

²² Pièce MTQ-1 (amendements intégrés), p. 79 et 80.

Consensus du 26 juin 2007 concernant les détails de l'acier d'armature

« L'approche choisie par le concepteur pour ancrer les suspentes en U #8 dans la partie supérieure du porte-à-faux ne respecte pas les exigences actuelles du Code S6-2006. »

« L'ancrage des barres supérieures #14 n'est pas conforme à la pratique actuelle. »

5.3.5 Devis spécial sur le béton

Les exigences relatives à la conception des mélanges de béton ont été définies par les ingénieurs de DSA. Elles se trouvent à la section 203 du Devis spécial à l'entrepreneur transmis aux soumissionnaires²³.

Tout d'abord, une note située sous le Tableau E-4.1 mentionne que « *Dans ce projet, seul le type d'exposition A s'applique à toutes les charpentes.* » Cette catégorie correspond à des bétons exposés à l'air. Or, dans le cas du viaduc de la Concorde, c'est plutôt la condition « C » qui aurait dû s'appliquer. Cette dernière classe d'exposition tient compte de l'exposition aux cycles de gel-dégel en présence de sels fondants et elle est plus exigeante que la condition « A ». Concrètement, cela signifie que le rapport eau-ciment maximal spécifié était de 0,56 alors que selon la norme CSA-A23.1–1967, il aurait dû être de 0,49 ou 0,54 (respectivement pour des surfaces horizontales ou verticales). Le même tableau mentionne une teneur en air de 6 ± 1 % pour le béton d'exposition de type « A ».

La même section, au sous-article 3 placé sous le tableau E-4.1, contient une énumération des différents éléments de la structure et des exigences correspondantes. À la section concernant les culées, il est indiqué que le béton devait être fabriqué avec un granulat de 20 mm ($\frac{3}{4}$ ") et une teneur en air occlus de 4 à 6 %. Ce béton devait également avoir un affaissement de 100 mm et être en mesure de développer une résistance à la compression de 4 000 psi (soit 27,6 MPa).

L'exigence concernant le rapport eau-ciment mentionnée à la condition « A » ne respectait pas les exigences de la norme canadienne CSA-A23.1–1967, en vigueur à l'époque pour un béton exposé aux cycles de gel-dégel en présence de sels fondants.

Quant à la teneur en air, la valeur recommandée pour l'exposition « A » du tableau E-4.1 (soit $6 \% \pm 1$ %) se trouve à l'intérieur de la plage spécifiée dans la norme CSA-A23.1–1967 (de 4,5 à 7,5 %). Cependant, l'intervalle indiqué dans la section portant sur les culées est légèrement inférieur (4 à 6 %), ce qui porte à confusion et contredit les exigences de la norme.

Reconnaissant l'apparente confusion des exigences du devis spécial, l'expert de DSA²⁴, quant à lui, estime que l'entrepreneur ou le fournisseur de béton aurait dû demander des explications et des précisions à l'ingénieur²⁵.

²³ Pièce COM-20A, p. 105.

²⁴ Pièce DS-3, p. 1.

²⁵ Pièce DS-3, p. 3.

Consensus du 26 juin 2007 concernant le devis spécial

« Les exigences du devis spécial concernant la teneur en air des mélanges de béton étaient quelque peu confuses. »

« Les exigences du devis spécial concernant le rapport eau-ciment et la teneur en air du béton spécifiée pour ce projet, soit celles pour la condition A, n'étaient pas conformes aux spécifications de la norme CSA A23.1-1967. Celles pour la condition C auraient respecté les exigences de la norme CSA A23.1-1967. »

Compte tenu de ce qui précède, la Commission est d'accord avec le consensus des experts et elle est d'avis que cette confusion du devis spécial a conduit à l'utilisation d'un béton de piètre qualité, qui s'est détérioré progressivement sous l'effet des cycles de gel-dégel en présence de sels fondants.

Constats de la Commission

Le devis spécial est difficile à comprendre : d'une part, il spécifie le type d'exposition « A » pour toutes les charpentes, et d'autre part, il spécifie des propriétés qui varient pour les différentes composantes de chacune des charpentes.

Le devis spécial n'est pas conforme à la norme CSA-A23.1-1967 de l'époque quant aux spécifications du béton à mettre en place dans la dalle de la culée.

La conjugaison de ces insuffisances a entraîné une détérioration progressive du béton pendant la vie utile de la structure.

Dans les faits, le béton n'était pas de qualité adéquate pour la dalle épaisse de la culée quant à sa porosité et à sa capacité de résister aux cycles de gel-dégel en présence de sels fondants.

5

5.3.6 Drainage

Le drainage du tablier du viaduc de la Concorde n'est pas conforme aux règles de bonne pratique actuelles. Le pont est trop plat et ne possède aucun drain pour canaliser et évacuer les eaux de ruissellement.

Les pentes transversales ou dévers prévus sur la console varient de 0,8 % à 1,2 %. Or, selon le code actuel CSA-S6-2006, le dévers minimum devrait être d'au moins 2 %. La pente longitudinale du viaduc est de 0,4 % » dans la pratique courante actuelle, cette pente serait considérée comme insuffisante. Par exemple, le *Manuel de conception des structures*, volume 1, édition 2004 du MTQ²⁶, exige une pente longitudinale de 0,5 %. Selon les exigences actuelles du MTQ, les pentes du tablier étaient trop faibles pour assurer un bon drainage de la chaussée. Le Code CSA-S6-1966 ne contenait aucune exigence quant au drainage.

²⁶ Pièce COM-30J, p. 50.

Cette particularité a pu favoriser l'accumulation d'eau et son infiltration derrière l'épaulement du joint, notamment par un nid-de-poule visible au coin de la culée sud-est, au-dessus de la zone effondrée. La présence du nid-de-poule résulte elle-même d'une désagrégation du béton sous l'enrobé bitumineux. Cette détérioration provient probablement d'une infiltration d'eau entre le pavage et l'épaulement. Le mauvais drainage a également favorisé l'écoulement de l'eau par le joint non étanche, ce qui a créé les conditions favorables à la dégradation du béton dans une zone critique de l'ouvrage.

5.4 Construction

5.4.1 Géométrie

L'examen des documents a permis de constater qu'il existait deux séries de plans du viaduc, une première, qui portait un tampon « tel que construit » en possession du MTQ, et une seconde que le concepteur Dupaul conservait dans ses archives personnelles. Après vérification, il est apparu que les plans de M. Dupaul correspondaient de façon plus précise au viaduc que ceux que détenait le MTQ. Les plans de M. Dupaul étaient aussi plus récents que ceux du MTQ. En fait, le MTQ avait apposé l'identification « tel que construit » sur la dernière version des plans qu'il possédait²⁷.

Les principales différences entre les deux séries de plans portent notamment sur les éléments suivants :

- Les détails des appareils d'appui aux extrémités des poutres-caissons ;
- L'épaulement de 2 ½" d'épaisseur de chaque côté du joint de dilatation ;
- Les plaques pliées de 2" par 3/8" soudées aux cornières métalliques de chaque côté du joint de dilatation ;
- Les détails de la suspente en U n° 8 de la chaise ;
- La nomenclature utilisée pour les détails théoriques des pliages ;
- Les conduits de service dans le trottoir ;
- Les détails des rangs supérieur et inférieur d'armature transversale.

En examinant les plans, certaines incompatibilités mineures dans les dimensions ont pu être identifiées, particulièrement sur les « plans MTQ ».

Un arpentage systématique et un balayage par laser des parties restantes du viaduc après l'effondrement ont été réalisés. La structure construite, quant à ses dimensions, correspond bien aux plans.

²⁷ G. Richard, Transcription, 12 avril 2007, p. 229.

Constat de la Commission

Les différences mineures dans les dimensions n'ont pas eu d'effet sur l'effondrement.

5.4.2 Installation des barres d'armature

Les observations réalisées lors de l'ouverture des fenêtres d'observation et lors de la dissection des pièces entreposées sur le site de la rue Belgrand ont permis d'établir que les barres d'armature étaient mal disposées. Les déficiences majeures se situent particulièrement dans la région de l'assise.

D'après les observations réalisées, les suspentes en U n'ont pas été installées conformément à ce que prévoyaient les plans (figure 5.5). Les branches montantes ne sont pas placées verticalement. De plus, à la partie supérieure de ces suspentes, les crochets destinés à transférer la charge aux barres n° 14, ont été inclinés par rapport aux barres n° 14 au lieu d'être disposés parallèlement et au même niveau comme le voulait le concepteur. Du côté est, les crochets des suspentes en U sont en dessous des barres n° 14, ce qui favorise la formation d'une zone de faiblesse.

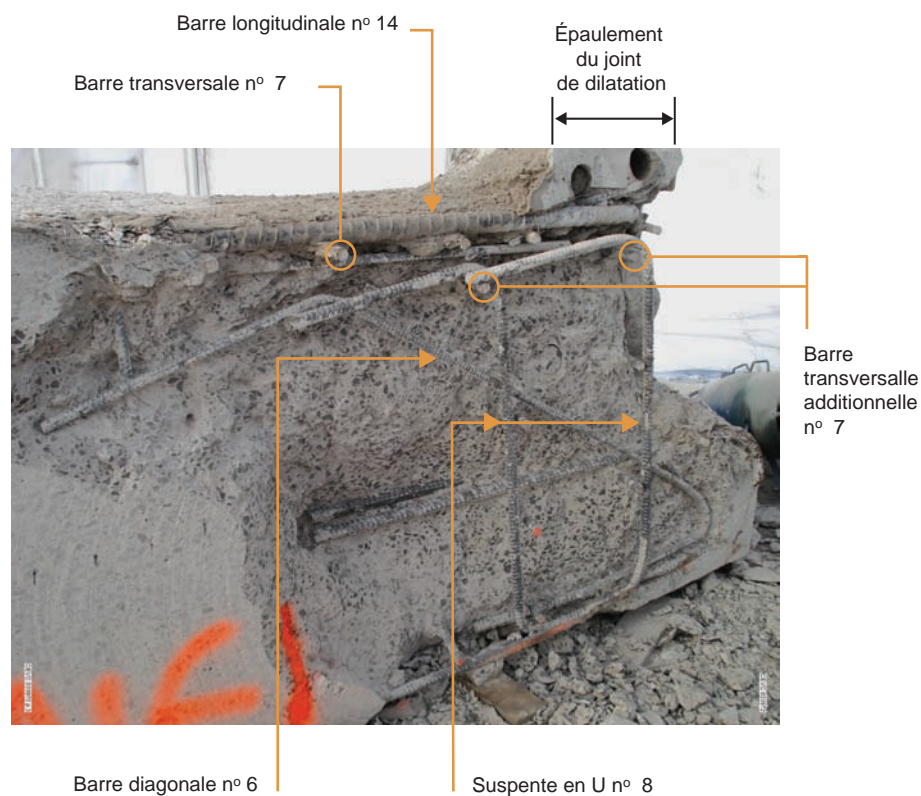


Figure 5.5 Position erronée des barres d'armature dans la région de la chaise²⁸

²⁸ Pièce COM-62, p. 51.

Les barres diagonales n° 6 sont également mal disposées. La partie recourbée dans la région de la chaise ne s'accroche à aucune barre transversale, comme cela est prévu sur les plans. De plus, le crochet à la partie supérieure est placé plus bas que celui des suspentes, bien en dessous des barres n° 14.

Les épingles de l'assise sont aussi disposées selon un plan incliné. Il faut également noter que les espacements entre les épingles ainsi que ceux entre les barres n° 14 varient et que l'enrobage au-dessus des barres n° 14 n'est pas uniforme à cause d'une ondulation importante de ces barres.

Consensus du 26 juin 2007 concernant la construction

« Les aciers d'armature dans la partie supérieure près de l'extrémité du porte-à-faux étaient mal placés, en particulier les suspentes en U #8 et les barres diagonales #6. »

5.4.3 Mesures de la résistance et teneur en air du béton

Les essais réalisés sur le béton ont permis de constater que la résistance à la compression et la teneur en air du béton n'étaient pas uniformes sur l'ensemble du viaduc. Les résultats obtenus indiquent qu'en certains endroits, ces deux paramètres ne satisfaisaient pas aux exigences du devis lors la construction.

Pour la résistance à la compression, les échantillons prélevés sur 4 des 11 sites présentent à peine la résistance minimale de 4 000 psi (27,6 MPa) requise à 28 jours, et ce, sur des échantillons âgés de 36 ans. La résistance à la compression moyenne mesurée sur l'ensemble des sites est supérieure à la valeur apparaissant au devis (31 MPa contre 27,6 MPa). Toutefois, lorsqu'on considère que le béton gagne en résistance avec les années, la résistance en compression mesurée suggère que les valeurs à 28 jours en 1970 étaient inférieures à la valeur spécifiée au devis.

La teneur en air mesurée en différents sites de prélèvement sur les deux culées du viaduc de la Concorde est souvent inférieure à la valeur minimale de 5 % et en une occasion, supérieure à la valeur maximale de 7 %, qui constituent les limites spécifiées pour l'exposition « A ». En plus de la variabilité des résultats de teneur en air, les mesures effectuées sur le béton durci ont également clairement établi que le béton n'avait pas les caractéristiques requises pour résister aux cycles de gel-dégel en présence de sels fondants. Ainsi, tous les facteurs d'espacement se sont avérés supérieurs à la valeur maximale admise par la version actuelle de la norme CSA-A23.1²⁹.

Des essais d'écaillage réalisés sur des plaques de béton prélevées dans la culée nord-est ont d'ailleurs confirmé hors de tout doute que le béton possédait une résistance à l'écaillage très faible et qu'il se désagrégeait rapidement quand il était soumis à des cycles de gel-dégel en présence de sels fondants.

²⁹ Il convient de préciser que les méthodes de contrôle sur le chantier ne permettaient pas de mesurer le facteur d'espacement des bulles d'air, un paramètre encore plus significatif que la teneur en air totale pour garantir une résistance adéquate aux cycles de gel-dégel en présence ou non de sels fondants.

Les experts de DSA sont d'avis que la mauvaise qualité du béton livré en place peut être attribuable à plusieurs facteurs : un contrôle inadéquat sur le chantier de la part du producteur, une mise en place inappropriée ou un mauvais mûrissement. Ils soutiennent que le devis n'est pas en cause dans cette situation.

Consensus du 26 juin concernant les propriétés du béton en place

« La majorité des valeurs de résistance à la compression mesurée sur carotte rencontre aujourd'hui la valeur minimale du devis » toutefois certains résultats sont faibles pour un béton sain de 36 ans. »

« Les teneurs en air entraîné sur le béton durci sont variables, certaines valeurs étant inférieures à 5 % et une, supérieure à 7 %. Les teneurs en air entraîné mesurées sur du béton durci peuvent être inférieures ou supérieures à celles mesurées sur le béton frais. »

« Le béton en place n'avait pas les propriétés requises pour résister à la dégradation par le gel-dégel en présence de sels fondants. »

La Commission est d'accord avec le consensus des experts. À partir de la preuve, elle ne peut attribuer clairement ni à une action précise, ni à un intervenant particulier, l'origine de la pose d'un béton de piètre qualité.

Constats de la Commission

Le béton du viaduc de la Concorde était de piètre qualité.

Compte tenu du manque de documentation dans le dossier, cet état de fait est impossible à attribuer nommément au fournisseur de béton, à l'entrepreneur ou au laboratoire de contrôle des matériaux.

5

5.4.4 Imperméabilisation du tablier

Les observations réalisées sur la culée est lors de la dissection ont permis de constater que le béton était très dégradé sous l'asphalte. La dégradation était telle que l'eau pouvait pénétrer en profondeur dans la masse de la dalle épaisse pleine jusqu'au plan de rupture. L'imperméabilisation adéquate du béton dans la région du joint était primordiale, particulièrement à l'occasion de la réparation de 1992, alors qu'une grande quantité de béton dégradé avait dû être enlevée ; ce constat s'avérait incontournable. Même en 1970, on reconnaissait l'importance d'une imperméabilisation minimale des tabliers de ponts et elle était spécifiée au devis.

À l'époque de la construction du viaduc, il était inhabituel de prévoir une membrane de meilleure qualité et le devis correspondait aux pratiques du temps. L'imperméabilisation des tabliers avait été spécifiée au devis sous forme d'un enduit de mastic bitumineux³⁰.

³⁰ Pièces COM-20A, p. 109 et COM-20C, p. 82.

Lors du remplacement du pavage bitumineux en 1992, le MTQ a indiqué que ses ingénieurs n'avaient pas trouvé trace de cet enduit³¹. Il faut noter qu'en 1971, les demandes de paiement des travaux et les approbations du ministère indiquent que le mastic bitumineux prescrit pour l'imperméabilisation des tabliers a été facturé au Ministère et payé par lui³². Si le mastic bitumineux a été effectivement posé, il est possible qu'il ait été intimement lié au béton bitumineux et enlevé avec celui-ci.

Lors de la réparation de 1992, le devis prévoyait l'installation d'une membrane préfabriquée collée (aujourd'hui appelée membrane de type 3), ce qui correspondait alors à la meilleure pratique. Lors des expertises menées après l'effondrement, cette membrane n'a pas été trouvée sur les culées, sauf une bande de 600 mm le long du joint de dilatation de la culée ouest³³. Dans son mémoire du 27 juillet 2007, le MTQ indique ce qui suit :

« L'état du béton après la réparation rendait très difficile la pose d'une membrane collée (type 3). L'alternative consistait à appliquer une membrane liquide. Certaines photos indiquent que tel fut le cas [...] »³⁴

Constats de la Commission

La Commission note qu'en 1992, le contrat prévoyait de façon pleinement justifiée la pose d'une membrane préfabriquée collée, selon la meilleure pratique pour ce genre de réparation.

L'état de dégradation du tablier constaté après l'enlèvement du béton bitumineux venait confirmer la nécessité d'y installer la membrane de type 3 prévue au devis donc l'utilité est précisément de prévenir ce type de dégradation.

Constatant l'état de la dalle, le responsable du projet aurait dû s'interroger sur la cause du phénomène.

5.5 Réparation de 1992

La réparation de 1992 a été amplement décrite au chapitre 4. Dans le présent chapitre, la Commission analyse les différents éléments qui font de cette réparation un événement majeur de la vie du viaduc de la Concorde.

5.5.1 Ampleur des travaux

Il ressort clairement que la réparation effectuée en 1992 dépassait largement le simple remplacement d'un joint de dilatation. Les notes et les photos mises en preuve proviennent

³¹ Pièce MTQ-1A (amendements intégrés), SR07-01, p. 29.

³² Pièce COM-23 p. 318.

³³ Pièce COM-62-C p. 6.

³⁴ Annexe 15, Mémoire du ministre des Transports du Québec, p. 8.

des archives du MTQ. Selon le calendrier normal de conservation, le Ministère aurait dû les détruire en 2005, mais, par inadvertance, il ne l'a pas fait³⁵. Les documents retracés indiquent que le viaduc de la Concorde était sérieusement endommagé³⁶. Dans les faits, l'ampleur des interventions sur des parties appréciables des culées a été encore plus importante que prévu quant à la quantité de béton détérioré qu'il a fallu enlever et quant aux longueurs de barres d'armature qui se sont alors trouvées dégagées. Il est par ailleurs mentionné dans le rapport du groupe d'experts dirigé par M. Massicotte que « la membrane de type 3 [...] n'a pas été posée considérant la piètre qualité du béton de surface. »³⁷.

Selon les experts de la Commission, dans de telles conditions, la réparation de 1992 aurait dû être précédée d'une évaluation de la condition de l'ouvrage³⁸. Cette opération aurait dû inclure des prélèvements, la caractérisation de l'état du béton en place et, éventuellement, une évaluation de la capacité portante de la structure.

5.5.2 Procédures du MTQ en matière de réparation d'un joint

Comme le démontre le chapitre précédent, en 1992, le remplacement d'un joint et les travaux connexes devaient être effectués selon les procédures en vigueur émises par le MTQ. Ces procédures étaient appliquées depuis 1978.

5.5.3 Évaluation de la réparation de 1992 et de son impact sur la vie de l'ouvrage

Les points saillants de l'examen des manuels du MTQ, du dossier de M. Sanogo (photos et notes³⁹), des témoignages de MM. Sanogo et Simic et de l'analyse du béton au voisinage du joint réparé⁴⁰ sont résumés ci-dessous :

- Il n'y a pas eu de véritable évaluation de la condition de l'ouvrage avant les travaux de réparation ;
- Aucune vérification structurale n'a été faite pour évaluer les risques d'une telle réparation sur le viaduc de la Concorde ;
- Les sections du porte-à-faux du viaduc n'ont pas été étayées avant les travaux de réparation ;
- De l'équipement lourd et des véhicules automobiles ont circulé sur le viaduc durant les travaux ;
- Des barres d'armature situées à proximité du joint ont été endommagées, probablement lors des travaux⁴¹ ;

³⁵ Pièce COM-54B, p. 1.

³⁶ Pièces COM-1C, p. 45 et 46 et COM-1C en général.

³⁷ Pièce MTQ-1 (amendements intégrés), p. 17.

³⁸ Pièce COM-64, p. 54.

³⁹ Pièces COM-1C, COM-1C amendé et COM-54.

⁴⁰ Pièce COM-62, p. 122 à 124.

⁴¹ Pièce COM-1D, p. 5 et 6.

- Le béton de réparation adhère faiblement au béton d'origine, probablement parce qu'au moment de sa mise en place, il y avait de la poussière et un excès d'eau sur la surface à réparer.

Selon les observations des experts de la Commission, il semble qu'un certain nombre de dispositions de la norme du MTQ relative au remplacement des joints (N-2141) n'aient pas été satisfaites :

- Au cours des opérations d'enlèvement du béton, des barres d'armature exposées ont été endommagées ;
- La profondeur des marques observées suggère que celles-ci ont été produites par un marteau hydraulique plutôt qu'un marteau pneumatique manuel développant moins de force de vibration et donc de dommages potentiels aux armatures. D'ailleurs, les photographies de relevé de M. Sanogo démontrent que l'enlèvement du béton sur le site a été effectué au moyen d'un marteau hydraulique monté sur une pelle rétrocaveuse ;
- La faible adhérence constatée entre le béton de réparation et le béton d'origine indique que la préparation de la surface de réparation était inadéquate ;
- La membrane d'imperméabilisation spécifiée par la norme n'a pas été installée sur l'ensemble du tablier.

Par ailleurs, des informations recueillies au cours du témoignage de M. Tiona Sanogo ou tirées du dossier concernant la réparation effectuée en 1992 indiquent que le tablier a dû supporter certaines charges importantes au cours du remplacement du joint. Selon M. Sanogo, deux voies de circulation sur trois avaient été fermées durant les travaux, et ce, dans chaque direction⁴². Le trafic routier a donc été maintenu sur une voie dans chaque sens tout au long des travaux.

De plus, selon les notes de M. Sanogo, une pelle mécanique de marque Caterpillar C 235⁴³, pesant au moins 85 000 livres, se trouvait sur le viaduc lors de l'enlèvement du béton bitumineux en même temps que deux pelles rétrocaveuses, dont l'une était équipée d'un marteau hydraulique⁴⁴. Selon M. Sanogo, ce type de marteau n'a été utilisé que pour dégager le joint⁴⁵. Pourtant, les marques retrouvées sur les barres d'armature indiquent une force d'impact plus importante que celle que produisent des marteaux pneumatiques manuels.

La question des charges circulant sur la structure en cours de travaux n'est pas abordée explicitement dans le *Guide d'entretien des structures*. Toutefois, le devis spécial 2110 précise que :

« L'entrepreneur doit prendre toutes les dispositions nécessaires pour s'assurer que les parties à conserver du pont actuel ne soient pas endommagées lors des travaux de démolition et, à cette fin, le type et le poids du ou des marteaux pneumatiques que

⁴² T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 157.

⁴³ Pièce COM-54, p. 31.

⁴⁴ Pièce COM-1C, p. 102.

⁴⁵ T. Sanogo, Transcription, 2 mai 2007, p. 151.

ce dernier compte employer doivent être adaptés au genre de travaux de démolition à exécuter et ils doivent être approuvés par le surveillant. »⁴⁶

Contrairement à l'avis des experts du MTQ, selon lesquels la réparation a été effectuée conformément aux règles de l'art, les experts de la Commission sont d'avis que la réparation de 1992 n'a pas été réalisée selon la meilleure pratique pour ce genre de travail.

Au moment de la réparation, deux facteurs viendront se conjuguer à la conception de la zone de la chaise pour affaiblir les zones d'extrémité des porte-à-faux : d'abord, l'enlèvement de quantités appréciables de béton par endroits, bien au-delà de la zone immédiate de l'épaulement, et ensuite, la mise à nu parfois importante des armatures. Cependant, les experts ne sont pas unanimes quant à la gravité de l'endommagement permanent qui s'en est suivi : pour les experts du MTQ, il n'y a eu qu'une faible réduction de la capacité portante⁴⁷.

Quelques-unes des photographies du relevé de M.Sanogo montrent la disposition inadéquate d'un certain nombre de suspentes. Ce dernier a soutenu avoir remarqué l'anomalie lors du dégagement des joints et avoir fait ajouter des barres par l'entrepreneur en cours de travaux pour pallier le problème. Or, au moment de la dissection, les experts de la Commission n'ont trouvé aucune trace de ces barres supplémentaires.

Il ressort du témoignage des experts de la Commission qu'en regard des travaux effectués en 1992, il aurait été nécessaire de prendre certaines décisions plus draconiennes. En effet, avec ce qui a été constaté au cours des réparations, notamment les vices d'installation de certaines barres d'armature et l'état de dégradation avancée du béton, il aurait fallu interdire la circulation, étayer le pont et procéder à l'évaluation de la condition de l'ouvrage avant d'autoriser la reprise des travaux.

Dans l'ensemble, l'expert de DSA est d'accord avec les constats et les conclusions des experts de la Commission. Il va même plus loin en mentionnant que les travaux avec les charges réelles, sans étalement, ont eu pour effet de solliciter les barres n° 6 légèrement au-dessus de leur capacité théorique, ce qui a pu entraîner des dommages permanents⁴⁸.

Il mentionne en outre que le fait d'avoir procédé aux réparations sans étalement pour soulager la charge présente sur la chaise, a fait en sorte que le nouveau béton mis en place ne pouvait alors jouer aucun rôle pour reprendre les charges mortes à compter de la fin des réparations. Il souscrit entièrement à l'opinion qu'un étalement aurait dû être prévu durant les travaux. D'après lui, l'ouvrage s'est détérioré de façon accélérée dans les années qui ont suivi la réparation de 1992.

Le rapport des experts du MTQ mentionne que les travaux de 1992 ont été réalisés selon les règles de l'art⁴⁹. La partie du rapport du MTQ consacrée aux réparations de 1992 propose un résumé factuel des travaux sans parvenir à faire la démonstration que ceux-ci ont été réalisés en conformité avec la norme N-2141.

⁴⁶ Pièce COM-30C, supplément 1, p. 4.

⁴⁷ Pièce MTQ-1 (amendements intégrés), p. 17.

⁴⁸ Pièce DS-1, p. 28.

⁴⁹ Pièce MTQ-1 (amendements intégrés), p. 103.

La conclusion du rapport d'expertise du MTQ comprend ce qui suit :

« La méthode employée lors du changement de joint en 1992 suivait les règles de l'art de l'époque. L'ampleur des zones nécessitant une réparation du béton à ce moment témoigne du degré élevé de dégradation du béton à l'extrémité du porte-à-faux. L'efficacité des barres n° 14 pouvait être affectée par cette dégradation réduisant (sic) probablement déjà l'efficacité de l'ancrage des barres n° 14. L'enlèvement du joint a peu contribué à la progression du plan de fissuration qui devait déjà être présent à l'intérieur de la dalle sans qu'il soit pour autant visible ou manifeste. Lors des travaux de démolition localisés comme ceux exécutés en 1992, il était pratiquement impossible de détecter la présence de plans de fissuration. »⁵⁰

Quant aux experts de la Commission, ils s'expriment ainsi dans leurs conclusions :

« Si elle constitue une situation aggravante, la réparation du joint ne constitue pas une des causes principales de l'effondrement de l'ouvrage. Le remplacement du joint, malgré tout le manque de rigueur dont il a fait l'objet, n'est pas à l'origine du plan de fissuration et de la dégradation du béton au voisinage de celle-ci. En effet, l'étude des photos prises en 1992 par les représentants du MTQ avant la réparation du joint de dilatation démontre clairement la présence de fissures en cisaillement sur la paroi latérale de l'ouvrage [...] »

« Il convient toutefois de mentionner que la réparation effectuée en 1992 aurait dû fournir l'occasion d'identifier l'état de la dégradation du béton et de pallier la mauvaise position des aciers d'armature au voisinage du joint et à l'absence d'un ancrage adéquat des suspentes en U. »⁵¹

Constats de la Commission

De l'avis de la Commission, les travaux envisagés au contrat de remplacement très limité de béton au droit des joints de dilatation n'exigeaient pas d'étalement des culées.

Toutefois, dans les faits, les travaux en 1992 ont dépassé largement le simple remplacement des joints de dilatation.

L'ampleur des travaux et le degré de dégradation du béton aurait dû entraîner à ce moment un examen en profondeur de la structure et une analyse du béton pour déterminer la cause de cette détérioration.

Compte tenu de l'étendue réelle des interventions et du caractère particulier de la structure du pont, le MTQ aurait dû étayer la structure durant les travaux, à plus forte raison quand l'état dégradé du béton a été constaté et qu'il avait fallu enlever des quantités importantes de béton, entraînant ainsi la mise à nu de plusieurs barres d'armature près des assises, parfois sur une longueur considérable.

⁵⁰ Pièce MTQ-1 (amendements intégrés), p. 103.

⁵¹ Pièce COM-62, p. 196

Par ailleurs, les travaux auraient dû permettre aux représentants du MTQ de constater que les barres d'armature n'étaient pas placées selon les plans et que les suspentes en U n'étaient pas accrochées aux barres n° 14.

Le MTQ aurait dû faire une véritable évaluation de la condition de l'ouvrage lors de cette réparation.

Selon toute probabilité, la procédure utilisée en 1992 aura contribué à l'accélération de la propagation de la fissure sous les barres n° 14 dans la masse du béton du porte-à-faux.

5.6 Inspections par le MTQ

Les témoins du MTQ et les experts, tant de la Commission que des participants, ont abondamment témoigné sur les manuels du MTQ et sur les inspections faites durant la vie de l'ouvrage.

Lors de la conférence préparatoire du 26 juin 2007, les experts en sont venus à un consensus assez large à cet égard, consensus reproduit ci-dessous :

Consensus du 26 juin 2007 relativement à l'inspection et l'entretien

« Les manuels d'inspection du MTQ sont d'une qualité comparable à des documents similaires applicables en Amérique du Nord. »

« Il manquait au dossier disponible du pont, entre autres, les « véritables » plans « tels (sic) que construit », le dossier d'entretien ainsi que les propriétés des matériaux spécifiées et en place. »

« Certaines exigences prévues dans les manuels d'inspection du MTQ n'ont pas été entièrement respectées, quant :

- i) à l'attribution de certaines cotes d'évaluation ;
- ii) au contenu détaillé des rapports d'inspection et
- iii) aux délais prescrits par le manuel pour les travaux d'entretien. »

« Les traces d'efflorescence sont un signe qu'il y a de l'eau qui circule dans les fissures. »

Cependant, il est important de noter que les experts de la Commission sont allés au-delà du consensus relativement (1) aux manuels du MTQ, (2) à la tenue des dossiers et (3) aux inspections effectuées par les représentants du MTQ durant la vie de l'ouvrage.

5.6.1 Manuels d'inspection

Les experts de la Commission ont souligné qu'un certain nombre d'objectifs fondamentaux propres à l'inspection des structures ne sont pas définis dans le *Manuel d'inspection des structures* du MTQ, alors qu'ils le sont dans les guides émis par d'autres juridictions. Les principaux éléments identifiés sont rappelés ci-après⁵².

- L'importance de poser un diagnostic lorsqu'on constate l'existence d'un dommage. Il faut s'attaquer aux causes et non seulement aux symptômes. Le manuel de l'American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) sur l'évaluation de la condition des ponts est explicite à cet égard :

*« Inspections should not be confined to searching for defects which may exist, but should include anticipating incipient problems. Thus, inspections are performed in order to develop both, preventive as well as corrective maintenance programs. »*⁵³

- L'importance de diagnostiquer non seulement les problèmes de nature structurale, mais également ceux qui concernent les matériaux, en particulier le béton, et l'importance d'évaluer l'impact de ces problèmes sur la performance actuelle et future de l'ouvrage.
- L'importance pour le système d'inspection de pouvoir être adapté à divers types de structures dans diverses conditions. Par exemple, dans l'inspection du viaduc de la Concorde, il aurait fallu tenir compte du caractère particulier de la structure. À ce sujet, l'AASHTO mentionne :

*« The inspection plan and technique should consider unique structural characteristics and special problems[...]. »*⁵⁴

- La nécessité de mieux définir la nature d'une inspection spéciale et d'une évaluation de la condition d'un pont. Il faut encadrer les actions des inspecteurs dans ces deux types d'évaluation.
- Il a été établi que, au MTQ, le relevé de dommages et l'expertise de dalle sont les opérations qui s'approchent le plus d'une évaluation de la condition d'un ouvrage⁵⁵. Or, dans le système de gestion des ouvrages en place, ces relevés sont entrepris seulement lorsque la décision de réparer est prise et elles visent essentiellement à établir de façon précise ce qui doit être réparé^{56, 57, 58}.

Par ailleurs, les experts de la Commission ont également mis en lumière certains aspects préoccupants de l'évolution des Manuels :

⁵² A. Vaysburd, Transcription, 11 juillet 2007.

⁵³ A. Vaysburd, Transcription, 11 juillet 2007, p. 203.

⁵⁴ A. Vaysburd, Transcription, 11 juillet 2007, p. 206.

⁵⁵ Pièce COM-70, p. 85 à 88.

⁵⁶ G. Bossé, Transcription, 14 mai 2007, p. 51.

⁵⁷ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 47 et 48.

⁵⁸ G. Richard, Transcription, 16 mai 2007, p. 123 et 124.

- Au fil des ans, les critères d'évaluation relatifs à la fissuration sont devenus plus permissifs⁵⁹. Par exemple, le seuil d'une fissure « moyenne » est passé de 0,35 mm en 1996 à 0,80 mm en 2005.
- En ce qui a trait aux cotes d'évaluation du matériau (CEM) et du comportement (CEC), le *Manuel d'inspection des structures* du MTQ reconnaît une différence de gravité entre une fissure de cisaillement, associée à un mode de rupture fragile, et une fissure en flexion, associée à un mode de rupture ductile⁶⁰. Par contre, les critères récents émis par le MTQ dans l'*Info-structure* 2007-06 du 13 avril 2007⁶¹ éliminent pratiquement cette différence. On considère sur un même pied les fissures de flexion ou de cisaillement lorsqu'elles sont inférieures à 0,8 mm⁶², ce que le P^r Mitchell a remis en question pour le cas de dalles épaisses sans armature de cisaillement⁶³. Par ailleurs, depuis avril 2007, une fissure en cisaillement de 0,75 mm qui aurait été cotée avec une CEC de 2 (« déficient ») se verrait attribuer la cote 5 (« bon »)⁶⁴.
- Dans les versions récentes du *Manuel d'inspection des structures*, les délais d'intervention suggérés en fonction des cotes CEM et CEC attribuées aux diverses composantes d'un ouvrage ont été doublés⁶⁵. Ces changements apparaissent difficilement justifiables, considérant que le taux de désuétude du parc d'ouvrages est en croissance.

Constats de la Commission

La Commission constate avec les experts du MTQ et les siens que les manuels du MTQ sont généralement de bonne qualité et comparables à ceux des autres juridictions nord-américaines.

Toutefois, la Commission est d'avis que ces manuels devraient être améliorés quant à des aspects précis. Ils devraient contenir des objectifs fondamentaux qui se retrouvent dans des guides d'autres juridictions nord-américaines, comme l'importance d'adapter le système d'inspection à divers types de structures, la nécessité de bien définir la nature de l'inspection spéciale et l'importance de la recherche des causes d'un dommage constaté.

La Commission est d'avis que ces manuels devraient être modifiés afin de rétablir la rigueur de certains critères qui ont été assouplis depuis quelques années. C'est le cas notamment de l'appréciation de la largeur des fissures, en particulier celles en cisaillement dans du béton non armé, de l'attribution des cotes d'évaluation CEM et CEC en fonction de la fissuration, ainsi que des délais pour entreprendre les actions correctrices.

La Commission constate aussi que l'application des manuels par le personnel du MTQ n'est pas rigoureuse.

⁵⁹ Pièce COM-70, p. 65 et 66.

⁶⁰ Pièce COM-30D, p. 256 à 274.

⁶¹ Pièce COM-52C.

⁶² Pièce COM-52C, p. 3.

⁶³ D. Mitchell, Transcription, 10 juillet 2007, p. 41 et 42: « [...] clearly, the 0,8 mm crack width limit for thick slabs without shear reinforcement is way too high and should be immediately reduced. »

⁶⁴ Pièce COM-52C, p. 4 et 5.

⁶⁵ Pièce COM-64, p. 51.

5.6.2 Tenue du dossier

Le dossier conservé à la Direction territoriale de Laval-Mille-Îles était incomplet. Il y manquait notamment les pièces importantes suivantes :

- Les plans originaux « *tel que construit* » et les résultats des essais de contrôle de qualité lors de la construction ;
- L'ensemble des documents relatifs aux travaux d'entretien du viaduc et en particulier ceux relatifs à la réparation de 1992 ;
- Un rapport en bonne et due forme faisant état de l'inspection spéciale conduite en 2004 par la Direction des structures.

De plus, le dossier ne faisait pas état du caractère particulier du viaduc. Il ressort du témoignage de M. Guy Richard qu'on ne construisait plus ce genre de structure depuis 1972⁶⁶.

Selon le *Rapport sur les causes techniques de l'effondrement du pont d'étagement de la Concorde* émis le 1^{er} juin 2007 par la Direction des structures du MTQ⁶⁷, ce type de structure présentait de sérieux inconvénients⁶⁸ :

1. « *La présence de deux points d'appui de type « chaise » au-dessus de la travée centrale ;*
2. *La présence de joints de tablier dans l'axe des appuis de type « chaise » ;*
3. *La difficulté d'inspection du détail de la chaise et de son entretien ;*
4. *La difficulté d'accès au détail de la chaise lors de travaux de réparation ;*
5. *L'absence de redondance structurale dans l'éventualité d'une rupture (ouvrage isostatique) ;*
6. *La présence de poutres-caissons de faibles dimensions qui ne peuvent pas être inspectées de l'intérieur. »*

Après avoir mentionné qu'il aurait pris soin de rédiger un rapport à la suite de ses observations s'il avait été appelé à effectuer les réparations de 1992, M. Ellis, expert du MTQ, a rappelé l'importance de la tenue de dossier.

*« And I think one of the key findings here is that all of the observations from that nineteen ninety-two (1992) repair work were lost or they were not put on a file or something and, as I mentioned, file keeping, record keeping is (a) critical recommendation. »*⁶⁹

Les experts de la Commission abondent dans le même sens.

⁶⁶ G. Richard, Transcription, 13 juillet 2007, p. 169.

⁶⁷ Pièce MTQ-2.

⁶⁸ Pièce MTQ-2, p. 5.

⁶⁹ R. Ellis, Transcription, 16 juillet 2007, p. 138.

Constats de la Commission

L'absence d'un dossier complet accessible aux inspecteurs du MTQ, tant ceux de la Direction territoriale que ceux de la Direction des structures a été un facteur majeur qui a contribué au manque de suivi de la détérioration progressive du viaduc.

Les dossiers de la DT et de la DS auraient dû inclure un avertissement, un drapeau rouge, quant au caractère particulier de la structure et au besoin d'inspections approfondies.

5.6.3 Inspections durant la vie de l'ouvrage

Les experts de la Commission ont procédé à une analyse détaillée de l'ensemble des rapports d'inspection contenus dans le dossier du viaduc de la Concorde. Au total, 23 rapports d'inspection sommaire, générale ou spéciale, ont été produits entre 1977 et 2005. Dans l'ensemble, sur la période considérée, les exigences des manuels quant à la fréquence des différents types d'inspection ont été respectées.

Les experts ont toutefois relevé un certain nombre d'éléments non conformes dans les rapports et, lors de leurs témoignages, ils ont constaté un manque de rigueur dans la consignation des informations recueillies. Les éléments problématiques suivants ont notamment été identifiés.

- La localisation et l'étendue des dommages observés n'ont pas été documentées dans le respect des exigences du *Manuel d'inspection des structures* en vigueur (absence quasi complète d'information quantitative):
 - absence de croquis ;
 - peu ou pas de commentaires ;
 - photographies incluses à l'occasion.
- La description de l'ouvrage dans les fiches a changé maintes fois au fil des rapports:
 - description et classification des porte-à-faux des culées (pont à une ou trois travées selon le cas) ;
 - description des culées (culée ordinaire ou combinaison culée – béquille) ;
 - description des diaphragmes (position, nombre).
- Les assises ont toujours été perçues comme des éléments secondaires (ce qui est adéquat dans le cas d'assises reposant sur des culées massives typiques), alors que dans le cas présent, il aurait fallu les traiter comme des éléments principaux.
- L'utilisation courante de termes imprécis ou inappropriés a nui à la qualité et à la précision des rapports. Par exemple :

- En 1999, malgré une cote CECS de 4, qui correspond à la qualification « acceptable » selon le Manuel, l'état général de la structure a été qualifié de « bon ».
- Alors que l'inspection de routine du 10 juin 2004 qualifiait la condition générale de l'ouvrage de « bonne », une demande d'assistance technique faisant état de signes de détérioration inquiétants a été envoyée à la direction des structures le 17 juin 2004.
- Les dommages relevés lors de l'inspection générale de 1995 auraient dû mener à des mesures correctrices dans les quatre années suivantes, selon les délais suggérés à l'époque dans le *Manuel d'inspection des structures*. Les rapports d'inspection générale subséquents (1999, 2002, 2005) commandaient également des mesures correctrices, mais dans des délais de plus en plus rapprochés. Après les interventions de 1992, aucune mesure correctrice n'a été entreprise à l'exception de l'enlèvement de fragments de béton sous le tablier.
- Les dommages relevés lors de l'inspection générale de 1999 auraient dû mener à une expertise de dalle dans les quatre années suivantes, selon les délais suggérés à l'époque dans le *Manuel d'entretien des structures*. Aucune expertise de dalle n'a jamais été réalisée sur le viaduc de la Concorde.
- Aucune intervention préventive n'a jamais été planifiée dans les rapports d'inspection.

Constats de la Commission

Les rapports d'inspections réalisées par le personnel du MTQ comportent des lacunes importantes et ne sont pas conformes aux Manuels.

Les rapports d'inspection manquent de rigueur et de précision.

Ces lacunes, associées aux carences du dossier, rendaient difficile l'appréciation correcte de l'évolution de l'état de la structure.

5.7 Inspection spéciale de 2004

L'inspection spéciale réalisée le 15 juillet 2004 par l'ingénieur Christian Mercier, de la Direction des structures, est décrite en détails au chapitre 4. Elle a été analysée et commentée par les experts devant la Commission. Ceux-ci divergent d'opinion quant à l'importance à accorder à cette inspection et quant au rôle qu'elle aurait dû ou pu jouer pour diagnostiquer les défaillances de cette structure en 2004.

Il faut se rappeler que cette visite a duré entre deux heures et deux heures et demie⁷⁰ et qu'elle a été faite avec une nacelle, le « doigt sur la pièce », uniquement sur les faces sud et nord de la culée est⁷¹.

⁷⁰ C. Mercier, Transcription, 15 mai 2007, p. 92.

⁷¹ C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 244 à 246.

Dans son témoignage au sujet du caractère particulier de la structure, M. Mercier affirme :

« Bien, je savais (...) qu'on ne construisait plus ce type de structure-là parce que c'était très difficile au point de vue inspection, au point de vue entretien, ça causait des problèmes. »⁷²

La lettre de M. Bossé évoquait deux problèmes majeurs : 1) la désagrégation importante des assises et 2) la présence de larges fissures de cisaillement sur le porte-à-faux des culées. Les experts de la Commission constatent que, dans sa note du 1^{er} mars 2005 adressée à M. Claude

Leclerc et transmise à la DT le 3 mars⁷³, M. Mercier a totalement ignoré la question des fissures qui préoccupait M. Bossé⁷⁴.

En effet, la note de M. Mercier mentionne qu'il n'est pas nécessaire de procéder à une analyse plus détaillée et que l'origine des défauts provient des joints de dilatation non étanches⁷⁵. Il y précise :

*« [...] d'attendre l'apparition de dommages plus importants au niveau des assises (fissuration active ou abaissement des poutres de l'appui) ou au-dessous des tabliers avant de procéder aux travaux de réparation décrits ci-après. »*⁷⁶

Selon les experts de la Commission, la demande d'assistance envoyée par la direction territoriale et les constatations faites sur place auraient dû déboucher sur une évaluation de la condition de l'ouvrage, au lieu de la recommandation faite par la DS à la DT citée ci-dessus.

À la décharge de l'ingénieur Mercier, les experts de la Commission considèrent qu'au moment de l'inspection spéciale de 2004, ce dernier n'avait pas en main le dossier complet du viaduc. Lors de son témoignage, le P^r Jacques Marchand, a été très clair à ce sujet⁷⁷. Il manquait notamment toutes les données et observations relatives à la réparation de 1992 ainsi que l'information quantitative sur la progression des dommages observés (localisation et taille des fissures au fil des années). Sans la possibilité de comparer les dommages visibles lors de sa visite avec ceux observés en 1992, il lui était impossible de constater l'évolution des problèmes comme en font foi l'assemblage des photos de la pièce COM-68D (figure 5.6).

⁷² C. Mercier, Transcription, 14 mai 2007, p. 255 et 256.

⁷³ Pièce COM-31B, p. 178.

⁷⁴ Pièce COM-64, p. 48.

⁷⁵ Pièce COM-31B, p. 177.

⁷⁶ Pièce COM-31B, p. 177.

⁷⁷ J. Marchand, Transcription, 5 juillet 2007, p. 87 et 88.



1985



1992



2004

Figure 5.6 Vues du porte-à-faux est, du côté sud du viaduc de la Concorde montrant l'évolution de la fissuration dans la région de la chaise⁷⁸

⁷⁸ Pièces COM-69, p. 180 et COM-68D.

Selon les experts de la Commission, une évaluation de la condition de l'ouvrage aurait dû être faite à plusieurs occasions⁷⁹ :

- En 1992, lors des travaux de réparation du joint de dilatation ;
- À la suite des résultats des inspections générales de 1999, 2002 et 2005 ;
- À l'issue des constatations recueillies lors de l'inspection spéciale de 2004.

Quant à l'expert de DSA, il précise les points ci-dessous⁸⁰ :

- La présence d'une grande quantité d'efflorescence sur les surfaces extérieures était un signe évident de dégradation ;
- Bien que M. Mercier ait indiqué dans son témoignage que l'ouverture maximale des fissures était de 0,5 mm, la fissure photographiée sur la paroi nord de la culée ouest, pour laquelle on ne dispose toutefois d'aucune mesure, semblait plus large, laissant ainsi planer un doute ;
- Les signes d'endommagement étaient évidents ;
- La fissure externe était un signe avant-coureur de la rupture.

Il conclut que la Direction des structures aurait dû se faire plus précise dans ses communications avec la direction territoriale et que cette dernière s'est montrée laxiste dans le suivi des fissures.

Tous ces indices pointaient vers la nécessité de procéder en 2004 à l'évaluation de la capacité portante de la structure. Les résultats de cette analyse auraient conduit à effectuer des interventions plus rapidement sur l'ouvrage.

La position du MTQ et de ses experts est diamétralement opposée à celle des experts de la Commission et de DSA.

Au sujet de l'état de l'ouvrage en 2004, le rapport des experts du MTQ affirme que :

« Le pont a été inspecté de façon régulière depuis 1977 et la dernière inspection générale a eu lieu en 2005. Une inspection spéciale a aussi été réalisée en 2004. Selon les rapports d'inspection, le pont était dans un état acceptable. Il était cependant reconnu que des travaux devaient être planifiés pour réparer les défauts observés aux assises des poutres et au béton en périphérie des joints de tablier »⁸¹

Les auteurs invoquent pour illustrer leurs propos une série de photographies prises en 2004. Ces photos montrent sur la face nord de la culée est des fissures diagonales desquelles émanaient des quantités importantes d'efflorescence. Ils ne reconnaissent pas qu'il s'agissait nécessairement de fissures de cisaillement.

⁷⁹ Pièce COM-64, p. 54 à 56.

⁸⁰ Pièce DS-1, p. 31 à 34.

⁸¹ Pièce MTQ-1 (amendements intégrés), p. 20.

De plus, et c'est là un point fondamental de la position du MTQ, ils affirment dans leur rapport qu'il n'y a aucun lien entre les fissures externes visibles en 2004 et les fissures internes à l'origine de l'effondrement :

« La présence de fissures sur les faces verticales extérieures de la dalle du pont de la Concorde [...] était un phénomène indépendant, et non une manifestation du plan de fissuration interne mis en cause dans l'effondrement [...]. Les premiers signes de désordre structural sont apparus dans les instants précédant l'effondrement avec l'apparition d'une longue fissure dans la partie inférieure de la dalle[...]. »⁸²

Dans son témoignage, l'expert principal du MTQ a ajouté :

« les évidences tendent à démontrer d'une façon [...] possible mais probable, avec beaucoup de certitude en fait, qu'il y a une indépendance entre les fissures à l'extérieur qui ont été identifiées comme étant des fissures de cisaillement et le plan de rupture qui se produisait à l'intérieur ».⁸³

De leur côté, les experts de la Commission et l'expert de DSA sont catégoriques : les fissures visibles sur les parois latérales des deux culées étaient des fissures de cisaillement. L'inspection de 2004 aurait dû déboucher sur une évaluation de la condition de l'ouvrage comprenant une analyse de la condition des matériaux et une analyse de la capacité portante de l'ouvrage. Ces analyses auraient pu mener à un diagnostic de l'état de la structure et de ses éléments et amener le MTQ à prendre les mesures appropriées, ce qui aurait peut-être permis d'éviter l'effondrement de 2006.

Enfin, il importe de souligner que l'expert du MTQ, Monsieur Ellis, a admis qu'il aurait été plus prudent de réaliser une inspection « doigt sur la pièce » sur les quatre faces latérales des culées si l'accès était possible⁸⁴.

Constats de la Commission

L'inspection spéciale de 2004 ne répond pas aux exigences des manuels du MTQ et le rapport sous forme de lettre n'a suivi que huit mois plus tard.

Cette inspection a servi à sécuriser le responsable de la direction territoriale qui avait exprimé des inquiétudes; elle aurait dû donner lieu à une évaluation de la condition de l'ouvrage, c'est-à-dire une évaluation de la capacité portante et une évaluation de l'état des matériaux.

Durant la vie du viaduc de la Concorde, le MTQ n'a ni demandé, ni effectué une telle évaluation de la condition de l'ouvrage. Si une évaluation de la condition de l'ouvrage avait été faite à l'une des occasions qui se sont présentées, il est probable que l'on aurait détecté la nature des problèmes du viaduc de la Concorde et certainement pris les mesures appropriées.

⁸² Pièce MTQ-1 (amendements intégrés), p. 100.

⁸³ B. Massicotte, Transcription, 17 juillet 2007, p. 96.

⁸⁴ R. Ellis, Transcription, 16 juillet 2007, p. 105 et 106.

5.8 Essais de chargement en laboratoire

La Commission a mandaté ses experts pour réaliser des essais de chargement sur prototypes en laboratoire afin de pouvoir observer en détail le comportement structural du porte-à-faux. Ces essais ont été réalisés dans les laboratoires de l'Université McGill. Les experts du MTQ ont réalisé des essais analogues au laboratoire de l'École Polytechnique de Montréal. Les résultats détaillés de ces investigations expérimentales sont colligés dans les pièces déposées aux audiences⁸⁵.

Avec les calculs de la capacité portante dont il est fait état à la section 5.3.3, et les simulations numériques par éléments finis abordées à la section 5.9, ces travaux expérimentaux fournissent des bases solides pour expliquer les causes de l'effondrement du viaduc de la Concorde.

5.8.1 Similitudes et différences entre les deux séries d'essais

Les deux séries d'essais, réalisées sur des tranches de 4 pieds (1,2 m) de largeur du porte-à-faux, ont cherché à élucider l'influence du mauvais positionnement de l'acier d'armature dans la région de la chaise sur la capacité portante de l'ouvrage. Dans chaque cas, on a donc simulé, d'une part, la structure « telle que conçue », basée sur les plans du viaduc⁸⁶ et, d'autre part, la structure « telle que construite », en fonction des relevés des barres d'armatures réalisés au site de l'effondrement ou au site d'entreposage des pièces, rue Belgrand à Laval.

Préalablement à la tenue des essais, les experts sont convenus des charges représentatives des conditions applicables au second appareil d'appui à partir de l'extérieur de la culée. La charge morte à l'appui a été fixée à 350 kN et la charge vive à 90-100 kN, ce qui correspond approximativement au passage du véhicule de référence H20-S16 dont le poids est de 32 tonnes.

Les relevés des pièces du viaduc ont révélé que certaines parties de la structure avaient été affectées par de sérieuses dégradations du béton, alors que les essais sur prototypes ont été réalisés sur des éléments de béton n'ayant souffert d'aucune détérioration.

Dans le cas des essais commandés par la Commission, les forces correspondant à la charge morte du tablier central ont été maintenues durant tous les essais et la charge vive a été surimposée comme une charge cyclique. Le prototype « tel que construit » a reproduit la présence de quelques barres additionnelles, non précisées aux plans, et ajoutées par l'entrepreneur pour servir de support aux barres d'armature du lit supérieur avant le bétonnage.

De plus, l'influence des travaux de 1992 lors du remplacement du joint de dilatation a été étudiée à l'aide de ces essais. Après avoir fait subir au prototype un nombre de cycles de chargement représentatif de la période antérieure à 1992⁸⁷, les essais cycliques ont été interrompus, tout en maintenant la charge morte correspondant au poids de la travée centrale; le béton de la région du joint était alors démoli et un nouveau joint de dilatation était installé et bétonné. Le remplacement du joint a été simulé en laboratoire en fonction des informations dont les experts disposaient au moment des essais.

⁸⁵ Pièces COM-62, COM-62H MTQ-1 et MTQ-1A.

⁸⁶ Pièce COM-19, p. 15.

⁸⁷ Pièce COM-62, p. 139.

Lors des essais commandés par le MTQ, un prototype « tel que conçu » (identifié en (1) sur le Tableau 5.1) et un prototype « tel que construit » (identifié en (2) sur le Tableau 5.1) ont d'abord été chargés par paliers jusqu'à la rupture. Un troisième prototype, (identifié en (3) sur le Tableau 5.1) construit avec les armatures correspondant à celles du viaduc « tel que construit », a été soumis à un conditionnement thermique visant à simuler l'effet du réchauffement de la surface de la dalle épaisse pleine sous l'effet de la radiation solaire ou sous l'effet de la pose du béton bitumineux. Par la suite, ce même prototype a été chargé de façon cyclique, puis chargé jusqu'à la rupture.

5.8.2 Résultats des essais

Le tableau 5.1 résume les principaux résultats obtenus lors des essais de chargement.

Tableau 5.1 Résumé des principaux résultats des essais de chargement en laboratoire

	Essais de la Commission	Essais du MTQ
	Université McGill ⁸⁸	École Polytechnique ⁸⁹
Prototype « tel que conçu »	Essai cyclique	Charge non cyclique
Nombre de cycles à la rupture	58 700 cycles	Essai statique à la rupture
Charge expérimentale - rupture	810 kN	900 kN____(1)
Charge théorique à la rupture selon CSA-S6-2006	839 kN	850 kN
Charge théorique à la rupture calculée par éléments finis (voir 5.10)	900 kN	-
Prototype « tel que construit »		Essai statique à la rupture
Charge de rupture	Pas d'essai statique	1 050 kN____(2)
	Essai cyclique	Essai cyclique
Nombre de cycles à la rupture	18 700 cycles jusqu'au remplacement du joint 65 200 cycles au total	30 000 cycles puis chargement augmenté jusqu'à la rupture
Charge expérimentale - rupture	1 075 kN	1 070 kN____(3)
Charge théorique à la rupture selon CSA-S6-2006	964 kN	-
Charge théorique à la rupture calculée par éléments finis (voir 5.10)	950 kN	925 kN

On constate que les deux séries d'essais donnent des résultats très similaires compte tenu des différences mineures entre les protocoles d'essais, les calibres, la résistance des armatures et la résistance du béton.

Dans tous les cas, la rupture s'est produite de façon explosive, soudaine et sans avertissement. Un plan de rupture similaire à celui qui a été observé sur le site de l'effondrement est constaté

⁸⁸ Pièces COM-62 et COM-62H.

⁸⁹ Pièce MTQ-1A (amendements intégrés).

(voir figure 5.7). On note une fissure horizontale apparaissant près du haut de la dalle, qui se prolonge jusqu'à l'extrémité des crochets des suspentes et des barres diagonales. Cette fissure s'incline brusquement en une fissure de cisaillement, traverse toute la dalle et s'étend en ouvrant un plan horizontal de fissuration au niveau de la nappe inférieure d'armature jusqu'à la naissance du porte-à-faux.



Figure 5.7 Rupture du porte-à-faux « tel que construit » lors des essais de chargement en laboratoire à l'Université McGill⁹⁰

5.8.3 Commentaires sur les résultats

Il y a similitude des charges de rupture et des modes de fissuration des différents spécimens mis à l'essai. En comparaison des essais quasi statiques à la rupture, l'application des charges cycliques n'influe pas sur la charge de rupture de façon significative. Il apparaît clairement que l'endommagement lié au caractère cyclique de la charge vive (et donc toute considération de fatigue des matériaux⁹¹) est d'importance secondaire, voire négligeable.

Le fait que les spécimens correspondant au viaduc « tel que construit » avec l'armature de la chaise mal placée ait donné des résistances plus élevées que les spécimens « tel que conçu » est évidemment intrigant. Pour les experts de la Commission, cette singularité s'explique en partie par la présence de barres verticales additionnelles non prévues aux plans de construction. Ces barres ajoutent à la résistance au cisaillement du porte-à-faux en interceptant certaines des fissures diagonales⁹². De plus, pour le prototype « tel que conçu », la quantité de barres d'armature concentrée dans le plan de barres n° 14 a pour effet de diminuer l'adhérence des armatures dans le haut de la chaise, donc d'affaiblir cette zone prématurément⁹³. Pour le prototype « tel que construit », il y a davantage de béton dans cette zone, ce qui favorise l'ancrage des barres par adhérence, dans le cas d'un béton sain.

⁹⁰ Pièce COM-69, p. 152.

⁹¹ Pièce DS-1, p. 16. Selon le P^r Légeron, « la fatigue n'est pas un facteur prépondérant dans le mode de rupture de la structure ».

⁹² Pièce COM-62, p. 167.

⁹³ D. Mitchell, Transcription, 9 juillet 2007, p. 38, 59 et 72.

Quant au remplacement du joint de dilatation en présence des charges mortes du tablier central, celui-ci n'aurait eu aucun effet apparent sous les conditions de l'essai en laboratoire. Lors de son témoignage, l'expert Mitchell a toutefois souligné que la réparation simulée en laboratoire avait été faite avec beaucoup de soin, au moyen de marteaux pneumatiques légers et sans aucune charge vive, alors que les conditions réelles lors des travaux de 1992, portées à son attention après la simulation en laboratoires, auraient été plutôt « brutales⁹⁴ ». De plus, les longueurs de barres supérieures mises à nu lors des travaux de 1992, dépassaient largement celles de l'essai en laboratoire.

Constats de la Commission

Les spécimens en laboratoire se sont rompus à des charges élevées, démontrant un facteur de sécurité suffisant pour résister aux charges présentes lors de l'effondrement. Cependant, il s'agissait d'une structure neuve, avec un béton parfaitement sain.

Par conséquent, l'état de dégradation du béton, qui a été clairement démontré par le travail des experts, a eu un effet considérable et déterminant sur la capacité portante réelle de la structure et sur son niveau de sécurité.

L'armature des culées a créé un plan de faiblesse sous les barres n° 14, ce qui a permis le développement de fissures qui entraîneront l'effondrement. Cette constatation est vraie, autant pour le prototype « tel que conçu » que pour celui « tel que construit ».

La rupture en cisaillement a un caractère explosif et soudain et n'est précédée d'aucune déformation notable de la structure. Les seuls signes annonciateurs de la rupture sont les fissures fines inclinées⁹⁵. Il faut donc être extrêmement prudent et porter une attention particulière quand on doit évaluer ce type de fissuration dans un ouvrage sans armature en cisaillement.

Les codes de conception des ouvrages doivent faire en sorte que de tels modes fragiles de rupture soient évités.

5.9 Analyse structurale

Plusieurs analyses théoriques du comportement du porte-à-faux du viaduc de la Concorde ont été présentées devant la Commission.

5.9.1 Analyses de la structure sous les charges mortes et vives

Dans certains cas^{96,97}, les experts ont utilisé des modèles d'analyse non linéaires permettant de simuler numériquement la distribution des contraintes à l'intérieur de la structure en tenant

⁹⁴ D. Mitchell, Transcription, 9 juillet 2007, p. 77 » 10 juillet 2007, p. 89 et 90.

⁹⁵ Lors des essais de chargement en laboratoire, des fissures inclinées de 0,5 à 0,8 mm de largeur étaient notées tout juste avant la condition de rupture.

⁹⁶ Pièce COM-62I

⁹⁷ Pièces MTQ-1 (amendements intégrés) et MTQ-1A (amendements intégrés).

compte notamment des relations contrainte-déformation non linéaires des différents matériaux et de la variation des propriétés des matériaux découlant de la fissuration ou de la dégradation du béton. L'un des experts a présenté une analyse plus théorique d'une tranche du porte-à-faux, basée sur l'hypothèse d'un matériau homogène et élastique⁹⁸.

Dans chacun de ces cas, indépendamment des mérites théoriques respectifs des modèles mathématiques présentés, ces analyses étaient destinées à corroborer les calculs faits à la main pour estimer les charges de rupture (par exemple les calculs par modèles de bielles et tirants). Elles cherchaient également à reproduire les résultats expérimentaux obtenus en laboratoire et à simuler d'autres effets pouvant être reconstitués plus économiquement et plus rapidement qu'en laboratoire, par exemple les effets du retrait et de la dégradation du béton.

Pour chacune des séries d'essais de chargement en laboratoire, les analyses non linéaires respectives ont reproduit avec une précision satisfaisante les résultats obtenus en laboratoire. Ceci est vrai autant pour les prototypes correspondant au porte-à-faux « tel que conçu » que pour les prototypes correspondant au porte-à-faux « tel que construit », comme le démontre la comparaison des valeurs mentionnées dans le tableau 5.1. On note en outre que les modèles théoriques prédisent bien la fissuration observée et la position des plans de rupture.

5.9.2 Analyse en condition dégradée

L'analyse non linéaire permet toutefois d'aller plus loin que les essais en laboratoire en permettant la simulation de la présence d'une zone dégradée dans le haut du porte-à-faux, telle qu'elle a été observée par les fenêtres d'observation et des travaux de dissection.

Le P^r Mitchell a simulé la dégradation progressive du béton dans la zone de faiblesse située sous les barres n° 14 en introduisant des éléments sur un tracé reproduisant le plan de rupture. Les éléments sont à leur pleine épaisseur en l'absence de dégradation et sont à une épaisseur de zéro lorsque la dégradation est de 100 %. Ces résultats ont démontré qu'à la suite d'une dégradation progressive du béton, le viaduc pouvait s'effondrer sous une charge vive très faible, voire, à la limite, sous son propre poids. On obtient par exemple la rupture sous une charge à l'appui correspondant à la charge morte plus la charge vive nominale (une charge totale de 450 kN) lorsque la dégradation atteint 80 %.

Les résultats des analyses numériques obtenus par les experts du MTQ illustrent également la réduction marquée de la capacité portante sous l'effet de la dégradation du béton dans la zone de faiblesse sous les barres n° 14. Selon le P^r Massicotte :

« Les analyses présentées dans ce rapport et les essais réalisés en parallèle indiquent que le détail choisi lors de la conception permettait de rencontrer la résistance nécessaire. Toutefois, une détérioration du béton dans la zone à l'extrémité des barres #14, tel qu'observé sur les dalles en porte-à-faux, a comme conséquence d'affecter la résistance de l'ancrage des barres #14, conduisant ainsi à une perte de résistance de la dalle en porte-à-faux. »⁹⁹

⁹⁸ Pièce DS-1, p. 60 à 66.

⁹⁹ Pièce MTQ-1 (amendements intégrés), p.91.

5.9.3 Analyse considérant le remplacement du joint

On a également simulé le remplacement du joint de dilatation effectué en 1992, en supposant que l'enrobage des barres n° 14 était enlevé sur la largeur de l'épaulement. Comme on l'a noté lors des essais en laboratoire, le remplacement du joint simulé numériquement n'a pas eu d'effet sur la résistance du porte-à-faux. Cependant, il faut rappeler que lors de la réparation du joint en 1992, les barres n° 14 ont été dégagées sur une longueur plus grande que celle utilisée aux fins de modélisation.

5.9.4 Analyses thermiques

5.9.4.1 Rapport principal des experts du MTQ

Dans son rapport, le P^r Massicotte a de plus présenté des analyses préliminaires visant à simuler le comportement thermique de la structure soumise aux effets de la radiation solaire et à celui de la pose d'enrobé bitumineux très chaud¹⁰⁰.

L'hypothèse sur laquelle se fonde l'étude du comportement thermique de M. Massicotte est que la présence de contraintes résultant d'un gradient de température à l'intérieur du béton puisse, sous certaines conditions, générer un plan de cisaillement parallèle à la surface d'un élément. Lorsque la surface du béton est chauffée, elle se dilate par rapport au cœur de la pièce qui reste plus froid. Cette dilatation de surface peut être causée par le rayonnement solaire ou par la pose d'un enrobé bitumineux.

Les analyses préliminaires de contraintes thermiques ont été réalisées par éléments finis. Lors des essais en laboratoire, l'effet du rayonnement solaire dans le cas du troisième prototype testé a été reproduit au moyen de lampes à infrarouges.

Selon M. Massicotte, les analyses, les essais en laboratoire et les observations faites en particulier au pont de Blois pointent vers une origine thermique¹⁰¹.

Les experts de la Commission sont d'avis que l'origine des fissures n'est pas facilement identifiable. Ils citent les causes possibles suivantes¹⁰²:

- La présence d'une zone de faiblesse en haut des suspentes n° 8 et des barres diagonales n° 6 ;
- Les contraintes d'adhérence élevées des barres n° 14 dans la région de la chaise ;
- La dégradation du béton résultant des effets des cycles gel-dégel en présence de sels fondants ;
- Le retrait du béton au niveau des barres longitudinales ;
- Les effets thermiques résultant de l'hydratation du béton, de la radiation solaire et/ou du réchauffement durant la pose de l'enrobé bitumineux ;
- Les passages répétés et l'impact des véhicules et des équipements de déneigement sur le joint de dilatation ;

¹⁰⁰ Pièces MTQ-1 (amendements intégrés), p. 44 à 60 et MTQ-1A (amendements intégrés) SR07-05.

¹⁰¹ Pièce MTQ-1 (amendements intégrés), p. 95.

¹⁰² D. Mitchell, Transcription, 10 juillet 2007, p. 84 et suivantes ; Pièce COM-62, p. 192.

5.9.4.2 Analyses thermiques additionnelles

Dans son rapport d'expertise sur la dissection complémentaire des blocs CNE1 et CSE4¹⁰³ M. Massicotte fait référence à des analyses récentes pour appuyer l'opinion selon laquelle les fissures apparentes sur les parois latérales de l'ouvrage n'étaient pas liées au plan de fissuration interne qui ont conduit à l'effondrement de l'ouvrage. Le 4 septembre 2007, au terme d'une réunion de la Commission au site Belgrand, les commissaires ont demandé à M. Massicotte de déposer un rapport sur ces analyses thermiques. Le 10 septembre 2007, M. Massicotte soumettait son rapport sur les Analyses thermiques additionnelles du pont du boulevard de la Concorde. Il s'agit d'une version intérimaire qui fait état de conclusions préliminaires.

Pour sa part, M. Légeron, expert de DSA, a émis le 12 septembre 2007, des commentaires sur les analyses thermiques additionnelles de M. Massicotte.

Voici un extrait des conclusions de M. Légeron :

« Les fissurations prédites par les modèles du MTQ reposent sur une modélisation de la structure très défavorable et des chargements thermiques très sévères, voire irréalistes.

Malgré ces hypothèses très sévères, la fissuration prédite ne présente qu'une partie minime de la fissuration sur les faces latérales et prédit de nombreuses fissures qui n'ont pas été trouvées sur le porte-à-faux sud-est. Ces mêmes calculs ne permettraient au mieux que d'expliquer une fissure radiale sur une conduite du porte-à-faux nord-est et encore de manière partielle. Cette fissure n'ayant pas été observée sur le porte-à-faux sud-est, elle n'est de toute manière pas reliée à la rupture.

*Il est de mon avis, qu'une modélisation plus représentative de la structure, avec des gradients thermiques plus réalistes conduirait à des contraintes bien plus faibles et qui ne seraient pas de nature à expliquer une quelconque fissuration sur les faces latérales ».*¹⁰⁴

Constats de la Commission

Le rapport sur les analyses thermiques du Pr Massicotte est intérimaire et manque d'éléments pour en faire une analyse approfondie qui rende justice à cette recherche, notamment, les dimensions et la forme du trottoir utilisées qui ne correspondent pas à la géométrie réelle.

Les conclusions étant préliminaires, elles ne peuvent être retenues aux fins de l'analyse de la Commission.

La Commission retient toutefois que les effets thermiques peuvent être une des nombreuses causes possibles de l'amorce des fissures internes, mais qu'elles ne sont probablement pas déterminantes parmi les autres causes invoquées.

¹⁰³ Pièce MTQ-9, p. 44.

¹⁰⁴ Pièce DS-6, p. 9.

5.10 Dissection et carottage complémentaires

5.10.1 Expertises additionnelles de dissection

Lors de la présentation des mémoires des participants et intervenants à la Commission, deux questions ont été soulevées :

- Celle de la continuité entre les fissures inclinées apparaissant sur les quatre faces des culées et le plan de fissuration présent à l'intérieur ;
- Celle de l'antériorité de ces fissures par rapport à l'effondrement, puisqu'il s'agissait de déterminer si certaines fissures avaient été induites par les opérations de démolition et de transport des pièces.

Afin que les experts mandatés tant par la Commission que par les participants puissent ensemble effectuer les constatations susceptibles de mener à un consensus à cet égard, la Commission a alors décidé de procéder à des expertises complémentaires de dissection et de carottage.

La Commission a demandé aux experts de convenir d'un protocole pour la réalisation de ces expertises complémentaires. En août 2007, après s'être mis d'accord sur la manière de procéder, les experts de la Commission ont disséqué les blocs CNE1 et CSE4 entreposés à Laval, en présence des experts de DSA et du MTQ, qui avaient manifesté leur intérêt. Les rapports de ces expertises complémentaires de dissection et d'analyses du carottage effectuées par les experts de la Commission ainsi que par les experts du MTQ sont inclus à l'Annexe 14 de ce rapport.

Les Commissaires se sont ensuite rendus sur le site d'entreposage à Laval en présence de tous les experts et représentants des participants concernés afin de recueillir leurs commentaires et d'examiner les pièces disséquées.

5.10.2 Continuité des fissures

L'examen des tranches de la pièce CSE4 a démontré l'existence, non pas d'un seul plan de fissuration interne, mais d'une série de plans de fissuration superposés à l'approche de la surface.

L'inspection des tranches de la pièce CNE1 de la culée nord-est démontre que les fissures étaient de même nature que celles de la culée sud-est (figure 5.8) et que cette culée, quoique moins sollicitée en raison du biais de la structure, se serait probablement effondrée dans un futur indéterminé.



Figure 5.8 Coupes transversales partielles de la culée est réalisées lors des travaux de dissection complémentaire du mois d'août 2007 montrant les coins nord (en haut) et sud¹⁰⁵ (en bas)

¹⁰⁵ La photo est retournée pour montrer la pièce dans son orientation durant la vie de l'ouvrage ; on reconnaît le rang de barres n° 14 sous le trottoir et les trois canalisations dans le trottoir.

Les observations réalisées sur les surfaces des tranches de béton et les résultats des mesures de teneur en ions chlore confirment la position des experts de la Commission en ce qui concerne :

- La continuité des fissures internes jusqu'à la face externe ;
- Le tracé et l'emplacement du plan fissuration principal (entre les barres n° 14 et les suspentes en U n° 8) ;
- La distribution des chlorures à l'intérieur de la culée.

Les commissaires ont été saisis des différents rapports émis à la suite de ces travaux de dissection et de carottage complémentaires. Ils ont aussi fait des observations sur le site des travaux.

Constats de la Commission

Dans l'ensemble, le lien existant entre les fissures apparaissant en surface et le plan de fissuration interne est confirmé.

L'examen des tranches de la pièce CSE4 de la culée sud-est a permis d'observer dans tous les cas, la continuité des fissures horizontales, lesquelles se propagent sur toute la largeur des blocs examinés.

L'examen des tranches du bloc CNE1 de la culée nord-est démontre que cinq des six surfaces exposées lors des opérations de dissection, et probablement la sixième, comportaient un plan de fissuration interne relié aux fissures observables en surface.

5.10.3 Antériorité des fissures

Compte tenu du démantèlement rapide du viaduc après l'effondrement et des conditions d'entreposage des blocs sur le site Belgrand, à Laval, on peut conclure avec certitude que les pièces entreposées n'ont pas été exposées à des sources d'ions chlore ou autres contaminants après l'effondrement. La dégradation du béton au voisinage des fissures, la présence d'efflorescence et la concentration en ions chlore, peuvent fournir certains renseignements quant à la chronologie de la fissuration. Ainsi, la présence de l'un ou l'autre de ces éléments confirme que les fissures étaient antérieures à l'effondrement. La Commission a constaté un consensus à ce sujet lors de la visite du site d'entreposage, le 4 septembre 2007.

Il demeure cependant difficile d'évaluer l'âge des fissures ou encore l'ordre de leur apparition. En effet, l'intensité de la dégradation du béton et les concentrations en ions chlore mesurées dans les carottes prélevées dans l'ouvrage sont influencées par un ensemble de phénomènes ayant prévalu localement comme les cycles de température, les cycles d'humidité et la présence d'armature. Par exemple, le fait que, dans la zone jouxtant la paroi, le béton soit moins dégradé de part et d'autre de la fissure s'explique vraisemblablement par le séchage plus prononcé du béton dans cette zone et surtout, par la présence d'armature de peau à la surface des culées.

Constats de la Commission

Les résultats des travaux de dissection et de carottage complémentaires démontrent clairement :

- Qu'il y a continuité entre les plans de fissuration interne et les fissures inclinées présentes en surface.
- Que les fissures observées étaient antérieures à l'effondrement de la structure.

5.11 Plan d'action du MTQ et son évolution pendant l'enquête

5.11.1 Les enjeux concernant l'identification des ouvrages à risque

Dans les heures suivant l'effondrement, le MTQ a préparé une liste de 18 structures susceptibles de présenter des risques compte tenu du mode d'effondrement du viaduc de la Concorde. Le MTQ a d'abord identifié comme structures vulnérables, celles qui avaient été construites avec des chaises en travée, et ensuite celles qui comportaient des chaises à l'extrémité de porte-à-faux.

À la suite des témoignages rendus lors des audiences et des expertises préparées par ses experts, la Commission a constaté la nature instantanée et sans avertissement de l'effondrement et la présence d'une multiplicité de facteurs, dont entre autres les suivants :

- Une importante dégradation du béton dans le temps et une progression de fissures dans la structure, à l'intérieur de la dalle épaisse du porte-à-faux ;
- Le mode d'ancrage des armatures de la chaise prévu par le concepteur et le caractère tout à fait insatisfaisant de la pose de l'armature découlant des défauts de construction et de surveillance ;
- L'absence d'armature en cisaillement dans la dalle épaisse pleine.

Les dalles épaisses pleines dont la conception remonte à 1968-69 pouvaient comporter ou non des étriers de cisaillement. Les codes de l'époque ne faisaient pas de la pose de tels dispositifs une exigence dans le cas du viaduc de la Concorde.

Les calculs du cisaillement ayant beaucoup évolué, le Code de 2006 aurait exigé la mise en place d'étriers dans les zones de concentration d'efforts de la dalle épaisse pleine du viaduc de la Concorde.

5.11.2 Les communications de la Commission avec le MTQ

Face à ces enjeux importants concernant l'identification des structures à risque et dans une perspective d'assurer la sécurité du public, les commissaires ont eu des échanges avec les

autorités gouvernementales et avec celles du MTQ. Ces échanges ont eu lieu avant et pendant les audiences publiques de la Commission. Les commissaires ont provoqué des rencontres à différents niveaux entre spécialistes de la Commission et du MTQ sur cette question de l'identification des structures dites vulnérables ou à risque.

Parmi les 18 ouvrages identifiés initialement par le MTQ, 3 ont fait l'objet de mesures particulières : le viaduc de Blois a été démantelé alors qu'une structure située à Joliette sur l'autoroute 31 a été renforcée, et la structure enjambant l'autoroute 10 à Saint-Alphonse-de-Granby a été démolie dans la nuit du 22 au 23 mai 2007.

Au mois de mai 2007, la Commission a été saisie de résultats d'analyses et de simulations en laboratoire réalisées par ses experts. Après en avoir analysé les résultats et délibéré, la Commission est venue à la conclusion que les dalles épaisses pleines dépourvues d'acier d'armature en cisaillement pouvaient constituer des structures vulnérables à un phénomène de rupture fragile, sans déformation notable au préalable, particulièrement si des signes de dégradation du béton étaient présents. Le 16 mai 2007, la Commission prit la décision d'informer le gouvernement de ses préoccupations. Plus particulièrement, elle recommandait au gouvernement que soit révisé le plan d'action élaboré par le MTQ en octobre 2006 dans les jours suivant l'effondrement. Elle suggérait que le MTQ inclut dans son Plan d'action l'ensemble des structures composées de dalles épaisses pleines sans acier d'armature en cisaillement, en portant une attention toute spéciale aux structures présentant une dégradation du béton. Aussi, la Commission recommandait que les calculs de résistance en cisaillement de ces structures se fassent selon les prescriptions du plus récent code sur les ponts, le Code CSA-S6-2006.

S'ensuivirent des discussions entre experts de la Commission et du MTQ au sujet de cette recommandation de la Commission. Ces communications ont débouché sur un Plan d'action révisé par le MTQ daté du 1^{er} juin 2007¹⁰⁶.

Le 18 juin 2007, la Commission formula au gouvernement des commentaires relativement au contenu de certaines sections du Plan d'action révisé du MTQ en insistant notamment sur l'importance à donner au phénomène de la dégradation du béton et à l'application de sections révisées du Code CSA-S6, version 2006. Le MTQ a alors émis un devis détaillé destiné aux mandataires de services professionnels appelés à réaliser l'évaluation des structures à risque pour les DT et pour les municipalités. Ce document a été revu par la Commission qui a fait des commentaires additionnels au MTQ.

Par la suite, le MTQ informa la Commission des mesures prises pour intégrer les commentaires de celle-ci dans les instructions aux mandataires.

Le 12 juillet 2007, le MTQ informait le public de l'examen approfondi de 135 structures sous sa responsabilité et demandait aux neuf grandes municipalités de procéder à l'examen et l'évaluation des structures se trouvant sous leur responsabilité. Le MTQ offrait par ailleurs aux grandes municipalités une aide technique dans la vérification de ce type d'ouvrages. À cette fin, il leur transmettait un devis type afin d'évaluer la capacité portante de ce genre de structure. Ce devis type fut produit comme pièce lors des audiences de la Commission¹⁰⁷.

¹⁰⁶ Pièce MTQ-2, p. 21 à 23.

¹⁰⁷ Pièce COM-52D.

5.11.3 Les communications de la Commission avec les autorités réglementaires

Le Code CSA-S6 est le code de conception des ponts routiers en vigueur dans l'ensemble du Canada. Ce Code n'exigeant pas la présence d'acier d'armature en cisaillement dans les dalles épaisses pleines dans les années 1960, les préoccupations de la Commission relativement à ces dalles ne se limitaient donc pas aux structures existantes sur le territoire québécois. Elles dépassaient en effet largement les limites du Québec, s'étendant à l'ensemble du Canada.

Elle en a alors informé l'Association canadienne de normalisation, responsable de l'élaboration du Code CSA-S6. Cette association, à laquelle participe l'ensemble des gouvernements provinciaux, a permis de transmettre les préoccupations de la Commission aux diverses autorités concernées à travers le Canada.

Par ailleurs, le Code des ponts américains présentant des similarités avec le Code CSA-S6, la Commission a jugé opportun d'en informer les autorités fédérales américaines avec qui elle avait pris contact dans le cadre de ses travaux.

5.12 Conclusions sur les expertises

Les expertises menées tant par les experts de la Commission que par les experts du MTQ et de DSA ont permis à la Commission d'aller au cœur du sujet, de comprendre le mécanisme de l'effondrement et d'être en mesure de déterminer les causes de la tragédie du 30 septembre 2006.

Ce sont ces causes qui feront l'objet du chapitre 6 qui suit.

CHAPITRE 6

6. LES CAUSES DE L'EFFONDREMENT

6.1 Introduction

L'effondrement du viaduc de la Concorde résulte d'un enchaînement de causes physiques que les expertises réalisées dans le cadre de l'enquête ont permis de cerner avec un niveau élevé de certitude. Les causes physiques principales de l'effondrement ont d'ailleurs fait l'objet d'un consensus entre les experts de toutes les parties. Ceux-ci ont toutefois émis des opinions divergentes sur des causes contributives secondaires. La Commission les juge néanmoins significatives et les abordera dans ce chapitre, tout comme elle le fera des interventions humaines associées aux circonstances physiques de l'effondrement.

Le fait que ces causes physiques n'aient pas été détectées et corrigées avant le 30 septembre 2006 a suscité la double question : pouvait-on prévoir l'effondrement ou, à tout le moins, l'existence d'une déficience structurale majeure? Et pouvait-on empêcher l'effondrement? La Commission, quant à elle, a cherché à comprendre ce qui a pu mener à l'événement du 30 septembre 2006.

La Commission estime que différentes lacunes ont occulté la gravité de l'état de la structure aux yeux de ceux qui étaient chargés de l'inspecter et de l'entretenir. Ces lacunes, jumelées à une imputabilité imprécise, touchent les systèmes d'inspection, les suites données à certaines interventions prévues au programme d'inspection, la tenue des dossiers et les communications internes au sein du MTQ. La responsabilité de cette situation provient d'un mode de gestion et d'un encadrement technique limité du personnel du MTQ plutôt que des actions ou des inactions individuelles des intervenants. Ceux-ci ont été incapables, au fil des ans, de déceler l'importance des signes de dégradation de la structure d'une façon qui les aurait amenés à agir efficacement.

6.2 Consensus des experts

Les causes purement physiques ou mécaniques de l'effondrement ont fait l'objet d'études approfondies par plusieurs groupes d'experts dont les travaux et les conclusions sont rapportés dans le chapitre précédent. Les experts se sont également prononcés sur plusieurs aspects reliés à la réalisation de l'ouvrage, telles les spécifications techniques, la construction ainsi que les pratiques d'inspection et d'entretien.

Les experts de la Commission, ceux du MTQ et ceux des ingénieurs-concepteurs ont tenu une conférence préparatoire afin de dégager un consensus; ce consensus est consigné au procès-verbal de la conférence du 26 juin 2007¹. De façon générale, la Commission souscrit à l'accord unanime qui s'est dégagé autour des éléments suivants :

¹ Pièce COM-72.

- Le caractère particulier du viaduc de la Concorde ;
- La conformité aux normes de conception applicables au moment de la réalisation de l'ouvrage, notamment le Code CSA-S6-1966 ;
- La non-conformité aux normes de conception actuelles prescrites dans le Code CSA-S6-2006 ;
- La confusion du devis préparé par les concepteurs quant aux caractéristiques du béton ;
- La piètre qualité du béton utilisé, notamment quant à son inaptitude à résister à la dégradation causée par les cycles de gel-dégel en présence de sels fondants ;
- Les lacunes du *Manuel d'évaluation de la capacité portante des structures* du MTQ, qui ne répond pas aux exigences du Code CSA-S6-2006, malgré la bonne qualité générale des manuels du MTQ ;
- Les lacunes du MTQ relatives à la tenue du dossier d'inspection et d'entretien et quant au respect de certaines exigences des manuels ;
- Les causes physiques principales de l'effondrement.

Consensus du 26 juin 2007 quant au mode de rupture et aux causes principales

Mode de rupture

«L'effondrement du viaduc est survenu par une rupture en cisaillement du porte-à-faux sud-est.»

Causes principales de l'effondrement

- 1) «Quant à la conception, le détail des aciers d'armature dans la partie supérieure près de l'extrémité du porte-à-faux ne permettait pas d'empêcher la progression d'un plan de fissuration. »
- 2) «Quant à la construction, la mauvaise disposition des aciers d'armature dans la partie supérieure de l'extrémité du porte-à-faux a créé une zone de faiblesse qui a contribué à accélérer la progression d'un plan de fissuration.»
- 3) «Quant aux matériaux, le béton mis en place n'avait pas les caractéristiques suffisantes pour résister aux cycles de gel-dégel en présence de sels fondants, ce qui a également contribué à la progression d'un plan de fissuration.»

Facteurs pour l'initiation du plan de fissuration

«À l'heure actuelle, il n'y a pas de certitude quant à l'initiation du plan de fissuration.»

6.3 Mécanisme de l'effondrement

Il découle de l'ensemble des témoignages et du consensus des experts une compréhension communément partagée du mécanisme de l'effondrement.

6.3.1 Séquence de l'effondrement

Un morceau de béton d'environ 700 mm de longueur s'est d'abord détaché de la face latérale sud de la culée est d'un endroit situé tout juste derrière la chaise (figure 6.1 a).



Figure 6.1 Face verticale du côté sud de la culée est près de la chaise:
a) ci-dessus, photographié par Jules Bonin le 30 septembre 2006, moins d'une heure avant l'effondrement
b) après l'effondrement

La partie non armée de la masse interne de béton de la dalle épaisse pleine s'est ensuite déchirée brusquement, en suivant une surface inclinée qui est allée rejoindre les armatures du bas de la dalle.

L'effondrement du viaduc est survenu par une rupture en cisaillement dans la partie sud du porte-à-faux de la culée est. L'assise, ou corbeau, n'est pas en cause, car cet appendice est demeuré solidaire de la portion inférieure de la dalle épaisse pleine après l'effondrement. La rupture s'est donc produite au cœur de la dalle épaisse pleine.



Figure 6.2 Vue en façade de la culée est peu après l'effondrement, le 30 septembre 2006²

La partie supérieure du porte-à-faux est restée intacte, surplombant l'autoroute 19, alors que la partie inférieure pivotait vers le sol, se brisant en trois grands blocs et une quantité de plus petits débris (figure 6.2). Les trois principaux morceaux détachés du bas du porte-à-faux sont restés accrochés au sommet de la culée, retenus par les armatures longitudinales du bas de la dalle épaisse pleine et en partie aussi, par les aciers transversaux de l'assise près du centre de la culée.

Comme l'explique le chapitre 3, la moitié sud du tablier est tombée dès qu'elle a perdu son appui sur la culée est. Le tablier s'est effondré d'un seul bloc, presque instantanément, touchant le sol du côté est en premier. Les poutres-caissons se sont brisées en heurtant la glissière en béton au centre de l'autoroute (figure 6.3). Sous le choc, celles-ci se sont partiellement détachées les unes des autres et la poutre-caisson externe a pivoté sur le côté, sous le poids du trottoir en porte-à-faux.

² Pièce COM-1-A, p. 31.



Figure 6.3 Vue vers l'ouest du viaduc effondré à partir de la culée est, le 30 septembre 2006³

La séquence de l'effondrement a été reproduite à l'aide d'un modèle virtuel et un film de l'effondrement reconstitué a été présenté durant les audiences⁴.

6.3.2 Constatations quant aux surfaces de rupture

La figure 6.4 représente la culée est vue de face, produite par la reconstitution tridimensionnelle d'un relevé d'arpentage réalisé par balayage au rayon laser par les experts de la Commission. Le point de vue est similaire à celui de la figure 6.2, mais les blocs inférieurs suspendus et le tablier nord ont été retirés. Les parties en gris ont été relevées au site du viaduc après l'enlèvement du bloc CSE-4 (transporté au site de la rue Belgrand pour y être mesuré et analysé) et la démolition partielle nécessaire à son dégagement (on voit une partie démolie à gauche du bloc CSE-4, sur la figure 6.5). Les résultats d'un relevé similaire ont été présentés lors du témoignage d'un des experts, le Pr Bruno Massicotte⁵.

La rupture du porte-à-faux s'est produite selon une surface tridimensionnelle, que l'on peut décomposer en trois profils longitudinaux distincts (c'est-à-dire dans l'axe de l'ouvrage) selon leurs positions respectives à l'intérieur de la culée.

Le profil intérieur A est visible dans la partie centrale de la surface de rupture. Cette zone, identifiée sous l'expression de « plage A », est délimitée par les lignes rouges verticales tracées sur la figure 6.4. Sur cette plage, la surface de rupture est profonde et régulière.

De chaque côté de la plage centrale A, la surface de rupture s'incurve plus rapidement et plus abruptement vers le bas. Ce profil, désigné profil B, est visible sur les plages extérieures B de la Figure 6.4.

³ Pièce COM-1A, p. 28

⁴ Annexe 18, Scénario de l'effondrement.

⁵ Pièce MTQ-6, p. 87.

Finalement, sur la face extérieure sud de la culée, le profil de la surface de rupture est encore plus abrupt, et une mince tranche verticale de béton est demeurée solidaire de la culée (que l'on voit aussi sur la photo de la figure 6.1 b). La surface de rupture suit alors le profil C.

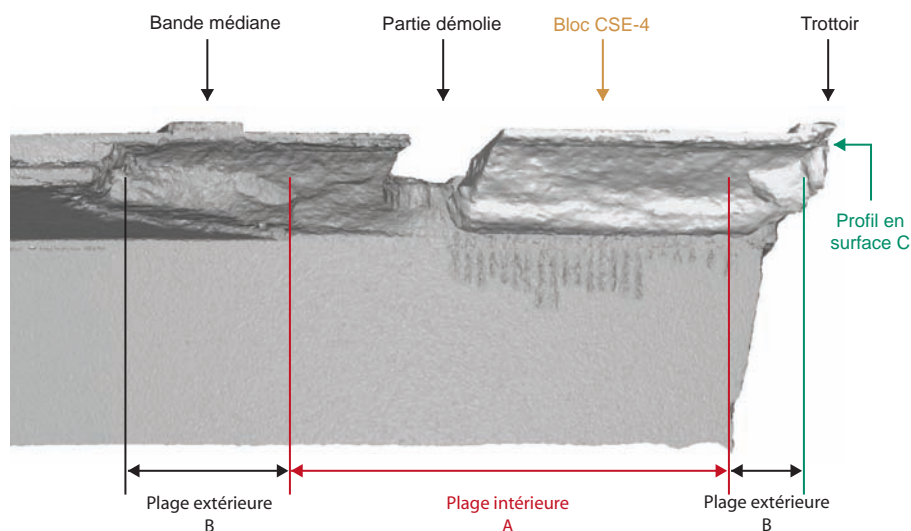


Figure 6.4 Reconstitution tridimensionnelle de la surface de rupture par relevé d'arpentage

Les trois profils de la surface de rupture tridimensionnelle sont également montrés schématiquement sur les vues de la figure 6.5. La photographie de la pièce CSE-3 détachée du viaduc incorporée à la figure 6.5 illustre très bien les contours de ces trois profils.

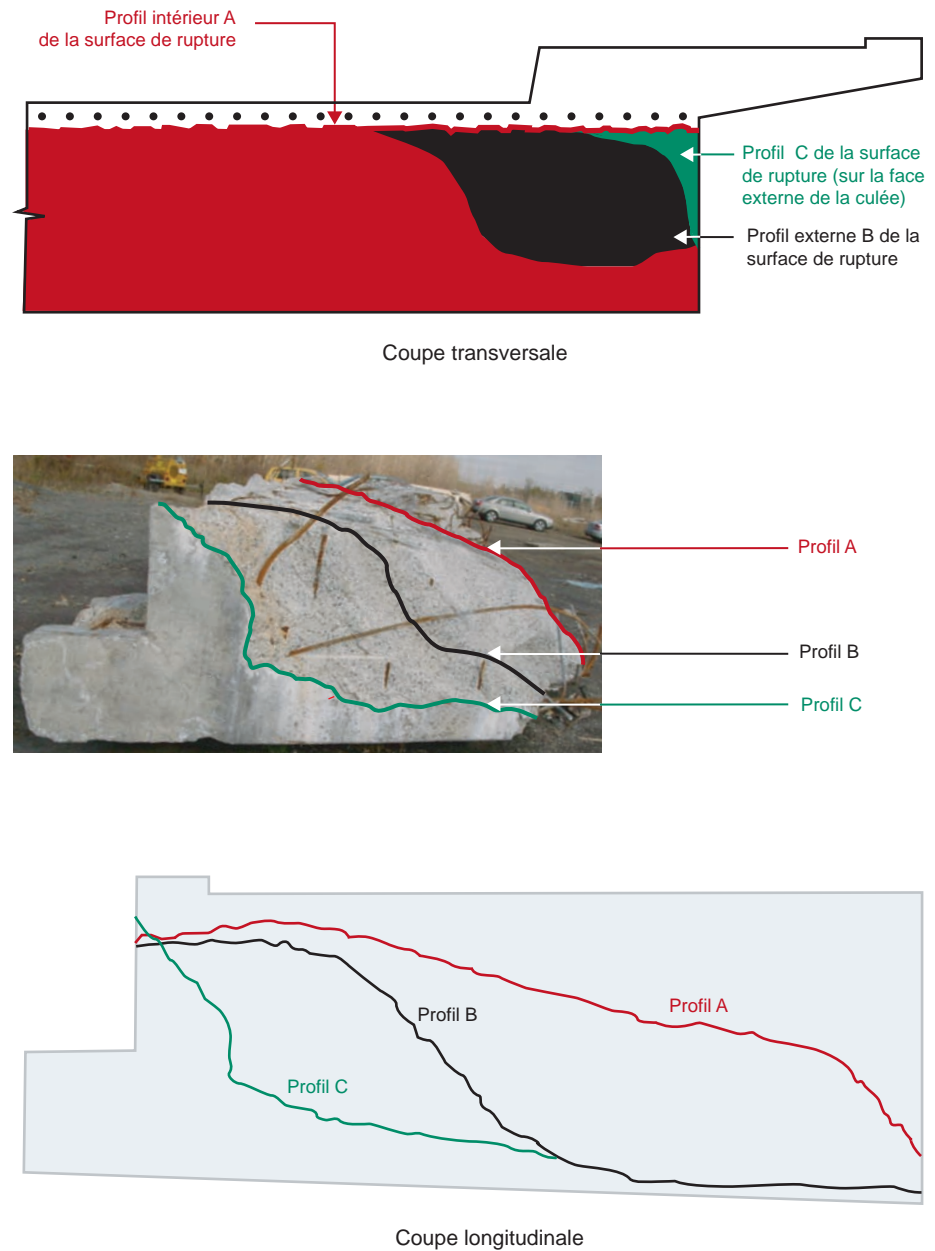


Figure 6.5 Élévation et coupe schématique du porte-à-faux de la culée est illustrant les profils des surfaces de rupture⁶

Selon les experts de la Commission, les profils de rupture A et B reproduisent assez bien ceux qui ont été obtenus au cours des études théoriques et expérimentales⁷. Les résistances théoriques calculées pour l'un et l'autre de ces profils sont pratiquement identiques. La présence d'armatures de peau sur la face extérieure sud ajoute à la résistance en cisaillement, expliquant ainsi que le tracé du plan de rupture en surface soit encore plus abrupt (profil C). Les armatures de peau verticales sont d'ailleurs visibles, dépassant sous le béton, sur la photo à la figure 6.1 b).

⁶ Pièce MTQ-6, p 94 et 95 et Pièce COM-69, p. 186.

⁷ Pièce COM-69, p. 158.

Vers le centre de la dalle épaisse pleine en porte-à-faux, les contraintes de cisaillement diminuent graduellement à mesure que l'on s'éloigne du coin sud-est, où les charges aux appuis sont davantage concentrées. La rupture de la dalle épaisse pleine s'arrête vers le centre de la culée, à l'endroit où la résistance disponible est suffisante pour arrêter la déchirure. La photo de la figure 6.6 montre que plusieurs suspentes ont été sectionnées à la racine du crochet, ce qui indique qu'elles disposaient d'une certaine capacité d'ancrage.



Figure 6.6 Photo de la région de la chaise vers le centre de la culée où la rupture de la dalle s'est arrêtée⁸

6.3.3 Effondrement soudain

L'effondrement n'est pas associé à la présence de charges vives particulièrement importantes ou exceptionnelles sur l'ouvrage. La preuve indique également que l'effondrement n'est dû ni à une cause accidentelle externe, ni à un phénomène rare, comme une violente explosion à la carrière située non loin du site⁹, ni à un tremblement de terre¹⁰.

La littérature technique souligne le caractère soudain, sans avertissement, d'une rupture en cisaillement dans une poutre ou une dalle épaisse pleine dépourvue d'armatures en cisaillement. Cette nature explosive a d'ailleurs été rappelée par les experts lors de leurs témoignages et démontrée par les films des essais réalisés en laboratoire sur les prototypes reproduisant le porte-à-faux¹¹.

Il faut rappeler que les essais en laboratoire ont été réalisés sur des spécimens dont le béton était neuf et d'excellente qualité, ne souffrant d'aucune dégradation. Ces essais reproduisaient

⁸ Pièce COM-1-B, p. 8.

⁹ Pièce COM-13, J.-M. Forget, Affidavit.

¹⁰ Pièce COM-11, p. 6 et 7 ; Pièce COM-62, p. 94.

¹¹ Pièce COM-69, p. 134 et 150 ; D. Mitchell, Transcription, 9 juillet 2007, p. 69 et voir la vidéo Annexe 18 ; B. Massicotte, 18 juillet 2007, p. 69 et voir la vidéo Annexe 18.

une tranche typique de la culée dans l'axe longitudinal du viaduc et ne tenaient pas compte de la concentration d'effort causée par le biais et le trottoir. Les résistances à la rupture atteintes lors des essais de chargement en laboratoire étaient similaires à celles que donnaient les calculs de résistance effectués selon la méthode prévue par le Code CSA-S6-2006. Les résistances mesurées lors des essais en laboratoires et obtenues par calcul étaient largement supérieures aux charges appliquées sur l'ouvrage au moment de l'effondrement.

Il fallait donc qu'au 30 septembre 2006, le viaduc de la Concorde ait atteint un état de dégradation avancé pour que le pont s'effondre pratiquement sous son propre poids, sans surcharge importante.

Une première amorce de rupture en cisaillement s'était sans doute produite au moment où le morceau recueilli par le surveillant routier s'est détaché, environ une heure avant l'effondrement. L'état de la culée sud-est illustré à la figure 6.1 a), tel que l'a observé le surveillant routier Jules Bonin, indique une fissure diagonale dont l'extension horizontale, près du bas de la paroi, est longue et très ouverte. La rupture était alors déjà amorcée à l'intérieur de la dalle épaisse pleine suivant la surface de rupture décrite précédemment. La résistance résiduelle provenait alors de quelques armatures et du béton présent sur le pourtour de la zone dégradée. Les experts ont tous témoigné qu'ils auraient fermé le viaduc s'ils avaient observé l'ouvrage dans cet état.

Ainsi, tout juste avant l'effondrement, l'ouvrage présentait une certaine résistance résiduelle, bien que très faible. Il s'agissait d'un état transitoire et la vitesse de propagation du plan de fissuration jusqu'à l'effondrement ne dépendait plus que des conditions de chargements imposés par le cumul du poids propre et de la circulation sur le viaduc de la Concorde. Par ailleurs, l'armature principale de la dalle épaisse pleine ne lui procurait pas une ductilité suffisante, c'est-à-dire la capacité de continuer à résister à des charges après avoir subi des déformations importantes.

6.3.4 Endommagement progressif

Bien que l'effondrement du viaduc de la Concorde, le 30 septembre 2006 doive être considéré comme instantané pour ce qui est du comportement structural, cette tragédie constituait l'aboutissement d'un mécanisme de dégradation évolutif, qui s'est étalé sur un grand nombre d'années.

Le mécanisme de dégradation le plus fréquemment rapporté dans les ouvrages en béton armé, à savoir la corrosion des aciers d'armature, n'est pas un facteur causal de l'effondrement, bien qu'il ait pu contribuer localement à la fissuration du béton. Il y avait peu de corrosion des aciers d'armature dans les parties internes de la culée. La dégradation des armatures était cependant plus avancée dans la région de l'assise de la culée et aux extrémités des poutres-caissons, mais ce phénomène s'est avéré sans conséquence puisque la rupture s'est produite ailleurs. Il faut rappeler qu'il était impossible d'inspecter les assises de l'ouvrage sans une intervention majeure pour soulever le tablier.

Dans le cas du viaduc de la Concorde, les experts reconnaissent unanimement que la dégradation du béton et non celle des aciers d'armature, est en cause. L'effondrement est associé au développement et à la progression d'un plan de fissuration à l'intérieur de la dalle épaisse pleine en béton. Cette progression a été favorisée par la dégradation du béton provoquée par l'action des cycles successifs de gel-dégel, en présence de sels fondants.

La présence d'une surface de fissuration à l'intérieur de la dalle épaisse pleine a été notée dès les premières visites sur le site de l'effondrement. Les caractéristiques de cette surface ont été abondamment documentées après l'ouverture des fenêtres d'observation sur les culées des viaducs de la Concorde et de Blois et après l'examen minutieux des pièces du viaduc de la Concorde transportées pour analyse au site de la rue Belgrand. Des plans de fissuration similaires ont été observés dans les culées qui ne se sont pas effondrées. Cette observation indique que les facteurs ayant mené à l'effondrement étaient présents ailleurs, mais à un stade moins avancé que sur la partie sud de la culée est. Il y avait donc un risque d'effondrement dans un avenir indéterminé.

Les photographies de la figure 6.7 prises lors de la dissection des pièces entreposées sur le site de la rue Belgrand montrent clairement :

- La présence d'un béton très dégradé à la surface de la dalle épaisse pleine, derrière l'épaulement et le profil de la zone de faiblesse associé à la fissuration interne ;
- L'épaisseur considérable de béton dégradé, réduit à l'état de feuillet, dans la zone de fissuration interne ;
- La continuité du plan de fissuration interne jusqu'à la paroi latérale extérieure de la dalle.

Les témoignages des experts ont illustré la pénétration progressive du plan de fissuration dans la culée¹² et démontré par des simulations numériques la perte graduelle de résistance du porte-à-faux au fur et à mesure de la progression des dommages internes.

¹² Pièce COM-69 p. 208 à 220.

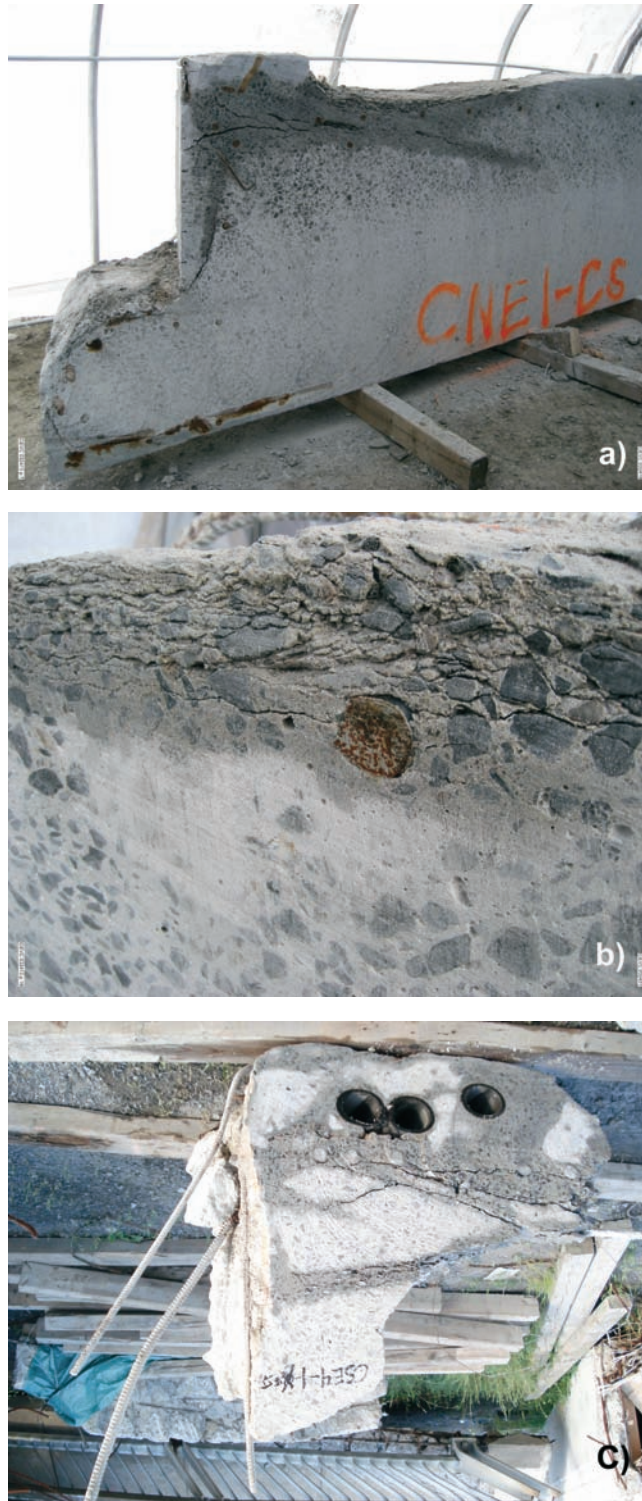


Figure 6.7 Photographies des pièces de la culée est :
 a) Coupe longitudinale dans la partie non effondrée de la dalle épaisse pleine
 b) Béton en feuillets à la partie supérieure d'une pièce effondrée
 c) Coupe transversale du coin supérieur de la culée est, du côté effondré¹³

¹³ La photo de la Figure 6.7 c) est retournée pour montrer la pièce dans son orientation durant la vie de l'ouvrage : on reconnaît le rang de barres n° 14 sous le trottoir et les trois canalisations dans le trottoir.

6.4 Causes physiques principales

Tous les experts affirment que l'effondrement du viaduc de la Concorde résulte d'une combinaison de facteurs et non d'une cause unique. Le consensus fait état de trois causes principales associées respectivement à la conception, à la construction et à la qualité du béton.

Ces causes sont associées à la zone de faiblesse située sous les barres n° 14 dans le haut de la culée, près de son extrémité, à l'apparition d'une fissure à cet endroit et à sa progression vers l'intérieur de la dalle épaisse pleine de la culée jusqu'à l'effondrement.

6.4.1 Mauvais détail d'ancrage des armatures dans le haut de la chaise

L'intention du concepteur reflétée sur les plans et confirmée lors de son témoignage était de transmettre les forces de traction exercées dans les suspentes et dans les barres diagonales vers le haut, de manière à engager l'ensemble du porte-à-faux. Selon l'agencement montré aux plans, le transfert de charge devait se faire par le truchement du béton. À cet effet, les plans montrent les crochets des suspentes placés parallèlement aux barres n° 14 dans un même plan horizontal.

Dans les faits, indépendamment des problèmes de pose de l'acier au chantier, la présence d'une grande quantité de barres d'armature concentrées sur un même plan, dans le haut de la culée, crée un plan de faiblesse où une fissuration horizontale était susceptible de se produire en raison des efforts très grands de transfert de charge dans le béton à cet endroit. Ce plan horizontal comprenait à la fois les barres n° 14 et les crochets des barres n° 8 et n° 6.

De plus, l'expertise a démontré que l'ancrage des barres principales n° 14 était inadéquat. En effet, la capacité d'ancrage réduite des barres n° 14 diminue la résistance à l'état limite. Les forces à transmettre par adhérence à des barres n° 14 sont considérables compte tenu de leur fort diamètre. Les efforts à l'interface entre l'acier et le béton sont critiques et ne peuvent être dépassés sans arrachement. Ceci aurait dû se traduire par une longueur d'ancrage plus importante pour engager pleinement la capacité des barres n° 14. Les forces à développer dans le porte-à-faux au dos de la chaise sont très élevées. Dans cette dernière zone, l'adhérence insuffisante entre les barres n° 14 et le béton s'est vraisemblablement traduite par la formation de fissures horizontales dans le plan de faiblesse indiqué précédemment. Il aurait fallu soit replier ces barres vers le bas, soit modifier le détail d'armature.

Selon la pratique actuelle, la conception des détails de l'armature exige que l'ancrage de chacune des barres d'armature soit réalisé de façon à développer sa pleine capacité sur toute la longueur de participation à la résistance structurale de l'ouvrage. Il est donc impératif que les barres n° 14 soient repliées vers le bas et que les crochets des barres n° 8 et n° 6 soient repliées autour des barres sur lesquelles elles doivent s'appuyer, et non pas les longer en parallèle.

De plus, dans une disposition adéquate, tout plan de faiblesse est traversé par des barres d'armature, ce qui a pour effet d'empêcher l'apparition des fissures ou d'en limiter l'ouverture. Dans ce cas, on obtient un mode de rupture ductile, contrôlé par l'éirement progressif des armatures.

6.4.2 Mise en place inadéquate des armatures

La disposition inadéquate des suspentes en U et des barres diagonales dans la région de la chaise a transformé le plan de faiblesse horizontal résultant de la forte concentration des aciers, en une zone de faiblesse incurvée se prolongeant plus profondément, à l'intérieur de la dalle épaisse pleine.

En effet, la dissection des pièces de la culée a démontré que la fissuration dans la zone de faiblesse s'était dirigée vers le bas des crochets, constituant ainsi un chemin préférentiel qui a permis à l'eau et aux sels fondants de progresser au sein du béton.

6.4.3 Béton non résistant aux cycles successifs de gel-dégel

L'expertise a démontré que le béton des culées du viaduc n'avait pas les caractéristiques requises pour résister aux cycles de gel-dégel en présence de sels fondants : le béton était en effet trop poreux et son réseau de bulles d'air était déficient.

La susceptibilité du béton aux cycles de gel-dégel n'explique pas, à elle seule, l'apparition de la fissure qui a entraîné la rupture du porte-à-faux. Par contre, la dégradation graduelle du matériau a directement contribué à la lente propagation de la fissure interne qui a conduit à l'effondrement.

6.5 Apparition du plan de fissuration

Les experts, notamment ceux du MTQ ont déployé des efforts importants pour identifier les facteurs à l'origine de la fissuration interne, tel que discuté au chapitre 5.

Selon l'ensemble des experts, l'origine de la fissuration sur le plan de rupture est tout probablement attribuable à une combinaison de facteurs.^{14,15,16} La Commission retient les facteurs suivants :

- Les contraintes d'adhérences élevées des barres n° 14 dans la région de la chaise ;
- La présence d'une zone de faiblesse au haut des suspentes en U ;
- La dégradation du béton sous l'effet des cycles de gel-dégel, en présence de sels fondants ;
- Le retrait du béton au niveau des barres longitudinales ;
- Les sollicitations thermiques résultant de l'hydratation du béton, de la radiation solaire ou consécutives à la pose de l'enrobé bitumineux ;
- Les passages répétés et l'impact des véhicules sur le joint de dilatation ;
- La corrosion des barres n° 8 et n° 14.

¹⁴ Pièce COM-69B, p. 8.

¹⁵ Pièce MTQ-1 (amendements intégrés), p. 95.

¹⁶ Pièce DS-1, p. 18.

Par la suite, cette fissure s'est propagée dans une zone critique de faiblesse du porte-à-faux que ne traversait aucune barre d'armature. Le caractère progressif et cumulatif de ce phénomène explique pourquoi l'effondrement s'est produit 36 ans après la construction.

Constat de la Commission

La Commission endosse l'analyse des causes principales qui ont précipité la chute du tablier du pont, soit le mauvais détail d'ancrage des armatures dans le haut de la chaise, la mise en place inadéquate des armatures et la sensibilité aux cycles de gel-dégel du béton. Elle souscrit également à l'avis que l'effondrement est lié à l'existence d'une zone de faiblesse située sous les barres principales n° 14 dans le haut de la culée, dans la région de la chaise, à la formation d'une fissure à cet endroit et à sa lente propagation vers l'intérieur de la dalle épaisse pleine de la culée. Elle reconnaît le caractère progressif de la fissuration interne et le caractère cumulatif des causes principales.

6.6 Causes physiques contributoires

6.6.1 Absence d'armature en cisaillement dans la dalle épaisse pleine

La preuve a démontré que les exigences des codes de conception des ouvrages en béton armé en matière de résistance au cisaillement avaient considérablement évolué depuis la construction du viaduc de la Concorde. Les codes de l'époque sont moins conservateurs et moins sécuritaires que les codes actuels.

Selon les experts, la dalle épaisse pleine du viaduc de la Concorde aurait été pourvue d'armatures en cisaillement si son calcul avait été soumis aux exigences actuelles.

Cette armature de cisaillement aurait intercepté la zone de faiblesse et contenu la fissuration interne. L'effondrement aurait alors pu être évité, ou au pire, il se serait produit selon un mode graduel de rupture, accompagné de déformations notables.

6.6.2 Absence d'étanchéité à la surface de la dalle épaisse pleine

Les informations obtenues durant l'enquête et présentées aux chapitres 4 et 5 concernant la membrane d'étanchéité de la dalle épaisse pleine du viaduc de la Concorde proviennent de diverses sources, soit les devis, les photographies, les témoignages et les rapports du MTQ. Ces informations sont imprécises. Il est impossible d'établir avec certitude la nature, la qualité, voire la présence ou l'absence d'une membrane d'étanchéité. En effet, les travaux de 1992 ont fait disparaître toute trace de la membrane posée en 1971, s'il en était. Pour ce qui est de la membrane qui devait être posée en 1992, on n'en a retrouvé trace que sur une très petite partie de la culée ouest et l'origine de ce morceau n'a pu être déterminée.

Quoiqu'il en soit, il semble établi que la membrane désignée aujourd'hui type 3, spécifiée au devis des travaux de 1992, n'a pas été posée. Il est également clair que la dalle épaisse pleine du porte-à-faux était, en 2006, dans un état avancé de détérioration.

Les cycles de gel-dégel ne causent pas de dégradation du béton si celui-ci n'est pas saturé d'eau. La nécessité de protéger les surfaces de béton sous les voies de circulation est reconnue depuis fort longtemps. Depuis 1978, les spécifications générales du MTQ décrivent des membranes hautement performantes.

L'absence d'une protection adéquate de la dalle épaisse pleine a contribué à permettre la dégradation du béton, l'un des facteurs principaux qui a conduit à l'effondrement.

6.6.3 Dommages causés lors des travaux de 1992

Les experts ne sont pas unanimes quant à l'effet des travaux de 1992 sur l'effondrement du viaduc de la Concorde. Les experts du MTQ ont émis l'opinion que cette réparation avait été exécutée selon les règles de l'art. Cette opinion n'est pas partagée par les autres experts ayant étudié la question et n'est pas retenue par la Commission.

Le non respect des exigences des devis du MTQ a été mis en preuve, notamment quant aux équipements lourds utilisés, quant aux signes de dommages permanents observés sur l'ouvrage attribuables à ces travaux, quant au nettoyage et à la préparation inadéquats des surfaces avant bétonnage et à l'omission de la pose d'une membrane d'imperméabilisation efficace.

Lors des travaux, de très sérieuses dégradations du béton furent constatées et plusieurs barres d'armature n° 14 furent dénudées sur des longueurs importantes. Malgré cela, le personnel du MTQ chargé des travaux n'a jamais pris conscience de l'affaiblissement potentiel de cette région hautement sollicitée du porte-à-faux. De plus, la structure devait continuer à supporter sa charge morte, une partie des charges de circulation, et de l'équipement lourd, sans étalement pour soulager la région critique de la chaise.

Les experts, à l'exception de ceux du MTQ, sont d'avis que les travaux de 1992 ont à tout le moins contribué à accélérer la propagation de la fissure critique déjà présente plus profondément dans la masse du porte-à-faux, et même engendré des dommages permanents.

En outre, les analyses théoriques par modélisation numérique confirment que la perte de capacité portante évaluée en fonction du pourcentage de dégradation du béton est du même ordre que celle causée par l'enlèvement du béton en 1992 et produit essentiellement les mêmes effets.

Constat de la Commission

La Commission est d'avis que l'absence d'armature en cisaillement dans la dalle épaisse pleine, l'absence d'étanchéité à la surface de la dalle épaisse pleine et les dommages causés lors des travaux de 1992 sont les causes secondaires contributives à l'effondrement.

6.7 Conclusions sur les causes de l'effondrement

Après avoir entendu tous les témoignages et avoir apprécié l'ensemble de la preuve qui lui a été soumise, après avoir analysé les faits, la documentation déposée et les expertises et après en avoir débattu et avoir délibéré, la Commission conclut ce qui suit quant aux causes de l'effondrement d'une partie du viaduc de la Concorde.

6.7.1 Conclusions quant à la conception du viaduc de la Concorde

Conclusions quant à la conception

La Commission souscrit au consensus des experts à l'effet que la conception est généralement conforme aux stipulations du Code CSA-S6-1966. La Commission souligne cependant que cette conformité n'est pas garante d'une structure adéquate.

La conception dans son ensemble correspond à un ouvrage capable de supporter les charges auxquelles il devait résister lorsque le béton est sain, comme l'ont démontré les essais de chargement en laboratoire.

Le viaduc de la Concorde était une structure particulière surtout parce que les poutres-caissons étaient supportées par des chaises en travée, ce qui posait des problèmes d'inspection et d'entretien.

Les plans et devis de DSA n'étaient pas conformes à la meilleure pratique, entre autres parce que les barres n° 14 n'étaient pas ancrées au droit de la chaise et que les suspentes n'étaient pas accrochées aux barres n° 14. Ces détails d'ancrage des armatures dans le haut de la chaise, tout en ne contrevenant pas au code de 1966, seraient aujourd'hui considérés comme inadéquats et fautifs.

Quant aux propriétés du béton devant être livré au chantier, le devis spécial était à la fois confus et non conforme aux exigences de la norme CSA-A23.1 de 1967. Conséquemment le béton de la structure était peu résistant à la dégradation par les cycles de gel-dégel en présence de sels fondants.

6.7.2 Conclusions quant à la construction du viaduc de la Concorde

Conclusions quant à la construction

La Commission souscrit au consensus des experts à l'effet que les aciers d'armature près de l'extrémité des culées étaient mal positionnés, non conformes au plan en ce que les suspentes en U n° 8 ont été placées sous les barres n° 14 tout comme les barres diagonales n° 6, ce qui créait, sous les barres principales n° 14, une zone de faiblesse non renforcée par des aciers d'armature.

Cette zone de faiblesse formait un milieu propice à la propagation de la dégradation du béton de part et d'autres des fissures dans une zone critique du porte-à-faux.

Cette détérioration était causée par la pénétration de l'eau de surface dans la structure et par l'effet des cycles de gel-dégel en présence de sels fondants dans un béton de piètre qualité qui y résistait mal.

6.7.3 Conclusions quant aux interventions de réparation du viaduc de la Concorde

Conclusions quant aux réparations

Lors de l'exécution des travaux de réparation de 1992, les ingénieurs du MTQ auraient dû tenir compte de l'affaiblissement de l'ancrage des suspentes dans la zone de démolition.

Cet affaiblissement était manifeste à la lecture des plans en les confrontant avec la réalité observée. En effet, selon le concepteur, la liaison aux barres supérieures des suspentes en U se faisait par ancrage au béton en positionnant en parallèle le haut des suspentes et des barres diagonales dans le même plan horizontal que celui des barres n° 14. Or, c'est justement ce béton qui a été enlevé en profondeur après qu'on eut constaté son état de dégradation.

Il devenait alors nécessaire de faire une analyse structurale pour déterminer s'il fallait étayer les porte-à-faux des culées.

En plus de prévenir des dommages durant les travaux, l'étalement du porte-à-faux aurait permis au béton nouveau de contribuer à résister à la charge morte du porte-à-faux.

La vulnérabilité de l'ouvrage à la pénétration de l'eau et des sels fondants – à cause de l'omission de la pose de la membrane d'étanchéité au moment de la réparation – a contribué à la poursuite d'une dégradation déjà fortement entamée du béton.

À cause des conditions dans lesquelles elle fut faite, la réparation de 1992 a contribué à la poursuite de la fissuration à travers le béton qui se dégradait, en plus d'être une opportunité manquée de procéder à une évaluation de la condition de l'ouvrage.

6.7.4 Conclusions quant aux comportements des personnes et aux activités des entreprises et organisations

La Commission est d'avis qu'aucune entité ou aucun individu seul ne peut être désigné comme responsable de l'effondrement. Les reproches adressés aux chapitres 4 et 5 sont formulés dans un contexte où c'est le cumul d'actions ou d'inactions de nombreux intervenants et l'enchaînement des circonstances au cours des années de la vie utile de l'ouvrage, qui ont créé les conditions menant à l'effondrement.

Conclusions quant aux comportements des personnes et aux activités des entreprises et organisations

La Commission est d'avis que DSA a manqué à son devoir d'assurer une surveillance complète du chantier lors de la construction, laissant ainsi totalement à découvert la vérification systématique et disciplinée nécessaire pour assurer la conformité de l'ouvrage aux plans et devis.

La Commission est d'avis que ISP et son sous-traitant AAM n'ont pas contrôlé adéquatement la qualité du travail exécuté par les sous-traitants, en s'en remettant tantôt à l'exécutant lui-même, tantôt à l'ingénieur-conseil responsable de la surveillance, tout absent ou inexistant qu'il ait été. La déficience du contrôle de qualité était telle qu'elle a occasionné une installation des aciers d'armature manifestement fautive, ce qui a constitué l'une des principales causes physiques de l'effondrement.

La Commission est d'avis que les vulnérabilités d'une structure particulière et difficile à inspecter n'ont pas été prises en compte adéquatement dans les interventions du MTQ et que celui-ci n'a pas déployé rigoureusement et efficacement les moyens à sa disposition pour bien évaluer l'état de la structure en dépit des nombreux signes de dégradation qu'elle présentait. Il n'a pas non plus maintenu un dossier adéquat qui aurait pu mieux guider son personnel dans les fonctions d'inspections et d'entretien de la structure.

La Commission est d'avis que des inspections pratiquées sur l'ouvrage ont été parfois déficientes par leur absence de quantification adéquate des paramètres de dégradation, parfois incomplètes par le peu de temps mis à leur réalisation, ou encore, caractérisées par un manque de rigueur dans la recherche des causes de la dégradation constatée sur la structure.

CHAPITRE 7

7. LES RECOMMANDATIONS DE LA COMMISSION

7.1 Le troisième volet du mandat de la Commission

Le troisième volet du mandat confié à la Commission par le gouvernement est celui de *faire des recommandations sur les mesures à prendre afin d'éviter que de tels événements ne se reproduisent*.

Les recommandations de la Commission s'appuient sur de nombreuses sources. Elles reposent sur la preuve. Elles s'inspirent aussi des consultations effectuées par la Commission auprès d'organisations et de personnes s'intéressant aux infrastructures. Aussi, en faisant ses recommandations, la Commission s'appuiera parfois sur des documents ou sur des opinions n'ayant pas été mis en preuve.

La Commission a enquêté sur les causes de l'effondrement d'un ouvrage conçu et construit il y a près de 40 ans et qui, jusqu'à la tragédie du 30 septembre 2006, était géré par le ministère des Transports du Québec. Les recommandations de la Commission sont le reflet à la fois des leçons tirées de cette histoire remontant à presque deux générations et de ses préoccupations à l'égard de l'avenir.

Une précision s'impose ici. Bien que la Commission ait commandé des rapports d'expertise sur les manuels d'opération et d'inspection utilisés par le MTQ, elle ne s'est pas pour autant dotée d'un programme de recherche sur la structure et la culture organisationnelles du Ministère. Ce n'est qu'à l'issue des derniers témoignages entendus au mois de juillet qu'un tel programme aurait pu être formellement défini, ce qui aurait exigé une extension du mandat de la Commission et occasionné un important retard à la remise du rapport.

Cela dit, la Commission ne peut que constater l'écart entre l'image que veut donner de lui-même le Ministère à travers les documents remis à la Commission¹ et la réalité des faits révélés par la preuve. Les documents du Ministère se veulent le reflet d'une grande expertise et d'un souci constant à l'égard des audits, de la compétence de ses équipes et de leur formation. Sans nier la valeur des personnes qui y travaillent et encore moins leur bonne foi, la Commission constate que, dans les faits, le système de gestion du Ministère n'est pas appliqué avec suffisamment de rigueur.

La Commission formule des recommandations qui s'adressent aussi bien à l'indispensable adaptation de l'organisation à la conjoncture actuelle qu'à la situation nouvelle découlant d'un programme de travaux d'envergure requis pour remettre en état le parc québécois d'ouvrages d'art, de ponts et de viaducs. Dans un cas comme dans l'autre, la Commission est d'avis que les systèmes de gestion du MTQ doivent être revus non seulement pour prendre en compte le vieillissement généralisé des ouvrages, mais aussi pour assurer un meilleur arrimage entre sa Direction des structures, où se concentre l'expertise de pointe, et les besoins de ses directions

¹ Pièces COM-52, COM-52A et COM-52B ; Pièces COM-60 et COM-60A.

territoriales. À ce dernier titre, il faudra aussi clarifier les règles d'imputabilité s'appliquant à ces entités administratives en ce qui a trait aux décisions stratégiques prises dans le cadre d'un travail conjoint.

Dans la formulation de ses recommandations qui, d'une part, englobent tous les acteurs participant à la conception, à la construction, – y compris la surveillance – et à la gestion des ouvrages d'art et, d'autre part, prennent en considération les efforts imposants qui devront être consentis pour la remise en état de ces derniers, la Commission s'est appuyée sur quatre grands principes : l'utilisation efficace des fonds publics, le recours à la meilleure expertise disponible, la responsabilisation des concepteurs et des entrepreneurs face à la qualité de leur travail puisque les uns et les autres ont un rôle à jouer en ce qui a trait à la sécurité du public et, enfin, la rigueur des interventions des gestionnaires responsables des infrastructures.

De plus, il apparaît évident à la Commission qu'un effort majeur de remise à niveau des ponts s'impose, compte tenu de leur état de détérioration croissante. Pour assurer la sécurité de la population et éviter que ne soit freiné le développement économique du Québec, il faut impérativement non seulement enrayer cette tendance à la détérioration des infrastructures, mais la renverser.

Le continent tout entier s'éveille à l'obligation d'allouer, au cours des deux prochaines décennies, des sommes considérables à la réfection des infrastructures routières et plus spécifiquement des ponts. Cet incontournable renouvellement de nos infrastructures constitue un immense défi qui peut certainement être relevé et se transformer en un véritable projet de développement tant du savoir et des compétences des personnes que de l'expertise des entreprises, qui contribuera, ultimement, au développement du Québec.

7.2 La gestion des ouvrages

7.2.1 Les codes, les normes, les manuels

Le Code CSA-S6-1966 qui s'appliquait lors de la conception du viaduc de la Concorde ne prescrivait pas l'obligation d'ajouter des étriers dans les dalles épaisses pleines pour peu que, dans tous les états de charge, les efforts en cisaillement demeurent sous les seuils permisibles de résistance du béton.

Dès le début des années 1980, les milieux scientifiques ont établi une relation directe entre l'épaisseur d'un élément en béton et la perte de résistance unitaire en cisaillement, ce qui entraîne une diminution de la capacité portante. Ces constats, largement diffusés dans la littérature scientifique, n'ont été reflétés que dix ans plus tard dans les codes du bâtiment et pas avant le début du XXI^e siècle dans le cas du Code CSA-S6 traitant de la conception des ponts.

Les travaux réalisés depuis un an par les experts de la Commission permettent toutefois de conclure qu'en ce qui concerne les dalles épaisses pleines, les exigences relatives à l'armature en cisaillement demeurent insuffisantes, même dans la version du Code CSA-S6-2006. Ces mêmes travaux ont aussi mis en évidence la vulnérabilité accrue des dalles

épaisses pleines lorsqu'elles ne sont pas pourvues d'une armature en cisaillement, s'il y a dégradation du béton.

Ce constat a préoccupé la Commission au plus haut point, l'amenant à en saisir le gouvernement du Québec dès le 16 mai 2007. La Commission en a aussi saisi les autorités canadiennes et américaines responsables de la mise à jour des codes.

Recommandations de la Commission

1. Révision du Code CSA-S6-2006

La Commission recommande une révision du Code CSA-S6-2006 pour que soient requises, dans les dalles pleines épaisses, des armatures minimales de résistance au cisaillement.

2. Exigences relatives à la qualité du béton

La Commission recommande que pour tous les ouvrages d'art, le gouvernement prescrive l'obligation de n'utiliser que des bétons de haute qualité, dont les caractéristiques sont conformes aux exigences tenues à jour des Codes CSA-S6-2006 et CSA-A23.1-2004 et que tous les manuels pertinents du MTQ soient modifiés en conséquence.

3. Processus d'acquisition des connaissances

La Commission recommande que les responsables du MTQ chargés de la conception des ponts et de la mise à jour des codes et des manuels prennent toutes les dispositions appropriées permettant d'accélérer le processus d'acquisition des connaissances nouvelles issues du milieu de la recherche.

À cette fin, la Commission recommande au gouvernement de s'assurer du bon fonctionnement de la veille scientifique associant universitaires et praticiens de haut niveau afin que les responsables de la conception et de l'entretien des ouvrages d'art, aussi bien en milieu de pratique privée qu'au sein des services gouvernementaux, soient constamment informés de l'évolution des connaissances et des éventuelles modifications aux normes et aux pratiques.

4. Mise à jour des manuels du MTQ

La Commission recommande une mise à jour des manuels d'inspection et d'évaluation traitant de la capacité portante des structures, et ce, en accordant une attention particulière aux délais d'intervention, aux relevés de fissures et à leur interprétation, à l'analyse de l'état des ouvrages et aux exigences du chapitre 14 du Code CSA-S6-2006.

7.2.2 La conception, la construction et la surveillance des ouvrages d'art

Les ponts sont des ouvrages d'art beaucoup plus complexes qu'une autoroute et que la plupart des autres types d'ouvrages de génie civil. Leur conception requiert un degré élevé de connaissances spécialisées et d'expertise en génie. Leur construction exige une grande rigueur et une excellente maîtrise tant des techniques que des matériaux, ainsi qu'un encadrement et une surveillance sans faille. Le processus de sélection des firmes responsables de la conception, de la construction et de la surveillance doit donc en tenir compte.

Alors que les ingénieurs-conseils ont un encadrement relativement précis quant à leurs obligations professionnelles, la situation est beaucoup moins claire pour les entrepreneurs assurant la construction des ponts, viaducs et autres ouvrages d'art. La *Loi sur le bâtiment* et ses règlements, qui édictent les conditions auxquelles doivent se soumettre les entreprises en construction pour offrir leurs services, sont déficients en ce sens qu'ils laissent peu de place à l'appréciation des qualités professionnelles et de l'expertise des entreprises. La Régie du bâtiment du Québec a fait part à la Commission de ses efforts pour moderniser les dispositions de la loi et de ses règlements à cet égard.

Cette vulnérabilité est accentuée par l'ignorance des règles en vigueur dans le processus de fractionnement des travaux dans la chaîne des sous-traitants et des responsabilités qui y sont rattachées, ainsi que par leur application peu rigoureuse. En conséquence, lorsque survient un problème, chacun se renvoie la responsabilité de ne pas avoir fait ce qui devait l'être. Cet état de fait est incompatible avec la rigueur devant caractériser la construction d'ouvrages d'art, leur maintien en bon état et la sécurité de la population qui les utilise.

La Commission a constaté l'existence sous différentes juridictions de mécanismes permettant la préqualification des concepteurs et des entrepreneurs en fonction de la complexité des travaux prévus. Ces mécanismes s'appliquent indépendamment du mode de réalisation de projet, qu'il soit public, privé, en partenariat public-privé ou autre.

Recommandations de la Commission

La Commission recommande au gouvernement de revoir l'encadrement juridique relatif à la conception, à la construction et à la surveillance des travaux de construction et de réhabilitation majeure des ouvrages d'art en regard des dimensions suivantes :

5. Politique d'octroi de mandats de génie-conseil basée sur la compétence

La Commission recommande au gouvernement d'élaborer, en suivant un processus transparent, une politique d'octroi des mandats de génie-conseil pour la conception des ouvrages d'art et la surveillance des travaux de construction. Cette politique devra prévoir, outre la prise en compte de la compétence des firmes et des personnes affectées aux projets, l'évaluation des performances antérieures des firmes ayant obtenu, par le passé, des contrats de même nature. Le critère du coût interviendrait ensuite pour départager les firmes se qualifiant au chapitre de la compétence.

6. Politique de validation du concept

La Commission recommande que tout mandat de conception d'ouvrage d'art devrait prévoir spécifiquement une validation (vérification du concept, des plans et des calculs du concepteur). Dans le cas d'une firme de génie-conseil, le contrat devrait stipuler que cette validation doit faire l'objet d'une attestation signée par un ingénieur, dirigeant de la société. Dans le cas d'une réalisation par les ingénieurs du Ministère, la procédure ministérielle devrait requérir la signature d'un supérieur hiérarchique de qui relèvent les ingénieurs, qui soit lui-même un ingénieur. Dans un cas comme dans l'autre, le signataire devrait avoir supervisé les travaux faisant l'objet du mandat. Comme option alternative, il pourrait être prévu que cette validation et cette attestation signée soient produites par une firme indépendante.

7. Préqualification et sélection des entrepreneurs

La Commission recommande que des critères de sélection s'appliquent aux entrepreneurs et que ceux-ci tiennent compte de leurs qualifications relativement au type d'ouvrage à construire. Le critère du coût interviendrait ensuite pour départager les entrepreneurs qualifiés.

Pour ce faire, la Commission recommande au gouvernement de mettre en œuvre, tout au moins pour les ouvrages d'art, un système transparent de préqualification tenant compte de l'expérience, de l'expertise, de l'évaluation des performances antérieures, de l'existence au sein de l'entreprise de systèmes de contrôle de qualité rigoureux, et de la compétence du personnel proposé pour l'exécution du contrat.

8. Information relative aux mouvements de personnel clé

La Commission recommande que le responsable de la préqualification des ingénieurs-conseils et des entrepreneurs s'assure, au moment de l'attribution d'un contrat, que la firme retenue compte toujours à son emploi des ressources détenant l'expertise lui permettant de maintenir sa qualification et qu'il en sera ainsi pour toute la durée des travaux.

9. Contrôle de la sous-traitance

La Commission recommande que soient appliquées avec davantage de rigueur, pour les projets relatifs aux ouvrages d'art, les dispositions relatives à la sous-traitance. Dans leurs soumissions, les entrepreneurs généraux devraient toujours être tenus d'identifier les travaux exécutés par leurs propres équipes. Ils devraient également identifier leurs sous-traitants et les travaux qui leur seront confiés, et produire un plan de contrôle de la qualité des travaux s'appliquant aussi bien à leurs propres employés qu'à ceux des sous-traitants.

10. Processus d'inspection lors de la remise de l'ouvrage

La Commission recommande que pour tous les ouvrages d'art construits au Québec, le surveillant des travaux ait l'obligation, au moment de la remise de l'ouvrage, d'assembler toute la documentation afférente aux travaux et à l'ouvrage lui-même, ceci incluant, de manière non limitative, les plans « tel que construit », les devis, les bordereaux, les journaux de chantier, les rapports de laboratoires de contrôle des matériaux et une description de toutes les particularités susceptibles d'exiger un ajustement des programmes d'inspection et d'entretien.

La Commission recommande que soit créée parallèlement, pour le maître de l'ouvrage, l'obligation de conserver cette documentation durant toute la vie de l'ouvrage.

La Commission recommande aussi qu'un ingénieur certifie que l'ouvrage d'art a été construit conformément aux plans et devis.

11. Évaluation de performance

La Commission recommande que tous les maîtres d'ouvrages évaluent, à la fin des travaux, la performance des firmes de génie-conseil chargées des travaux de conception et de surveillance, qu'ils fassent de même à l'égard des entrepreneurs et que ces évaluations soient conservées au dossier.

7.2.3 La gestion au ministère des Transports du Québec

Le MTQ a préparé à l'intention de la Commission un rapport exhaustif décrivant son organisation, ses méthodes de travail et sa gestion. La Commission en a pris connaissance et constate, par les témoignages entendus et la preuve faite devant elle, que l'idéal d'excellence et d'efficacité qui y est décrit ne se traduit pas intégralement dans la réalité.

La Commission retient des témoignages reçus, lors des audiences publiques décrivant les activités au sein du MTQ en ce qui a trait à la gestion du viaduc de la Concorde, l'image assez nette d'une réticence des professionnels de ce ministère à adopter des comportements de travail en groupe hiérarchisé, chaque professionnel étant à la fois libre de ses décisions et isolé dans l'exercice de ses responsabilités.

Cette réticence se manifeste dans deux types de situation. Ainsi, il y a celle où plusieurs ingénieurs hésiteront à commenter le travail de leurs collègues malgré la responsabilité qui pourrait leur incomber à cet égard. L'autre situation est celle d'un ingénieur d'une direction territoriale demandant l'assistance d'un ingénieur de la Direction des structures; le second se percevant comme un service conseil, le premier le voyant plutôt comme la personne exerçant en dernier recours le jugement professionnel menant à l'action. Cette dissonance dans la perception des rôles, cette ambiguïté dans l'exercice des fonctions de chacun, engendrent une confusion au niveau de l'imputabilité et nuisent à l'efficacité générale du Ministère.

En ce qui concerne les manuels du Ministère, la Commission les a trouvés de bonne facture. Elle a toutefois noté que les procédures qui y sont prévues n'étaient pas toutes respectées, notamment quant à la rédaction et à la consignation au dossier de notes d'inspection et des diagnostics découlant de l'inspection. Ce manque de précision entraîne l'impossibilité de suivre, avec le passage du temps, l'évolution des ouvrages ainsi que leurs aspects plus particuliers ou problématiques. En 2004, le Vérificateur général du Québec avait d'ailleurs noté ces mêmes lacunes, indiquant par exemple, que « *dans plus de 60 % des cas où une cote 1, 2 ou 3 a été attribuée à une composante lors d'une inspection générale, aucun détail n'est fourni dans la case réservée à cet effet pour renseigner davantage sur la détérioration observée* »². Rien n'indique que cet état de fait ait été modifié depuis.

Le Ministère a fait savoir qu'un nouveau système de gestion électronique des dossiers est en développement. Toutefois, ce système n'était pas disponible au moment des travaux de la Commission ; elle n'a donc pas pu en apprécier l'efficacité.

Dans le cas précis du viaduc de la Concorde, la Commission a aussi constaté qu'au cours des années, malgré de multiples interventions et expertises en génie tant de la part de professionnels de la Direction territoriale de Laval-Mille-Îles que de la Direction des structures, on ne semble jamais s'être posé de questions fondamentales quant aux raisons de la détérioration du viaduc, un ouvrage de conception particulière et presque unique. L'absence d'une documentation complète ne semble avoir conduit ni à la recherche des éléments manquants, ni à une évaluation de la condition de l'ouvrage par le biais de méthodes tels les calculs de charge et les carottages, lesquelles auraient peut-être permis de répondre à des questions qui n'ont malheureusement jamais été posées.

² Vérificateur général du Québec, *Rapport à l'Assemblée nationale pour l'année 2002-2003*, Tome II, Chapitre 4, p. 86.

Recommandations de la Commission**12. Culture interne et habitudes de travail**

La Commission est d'avis que le Ministère doit prendre acte des lacunes mises en évidence dans le cadre de ses travaux, notamment en ce qui a trait à la mauvaise tenue des dossiers, au flou dans l'imputabilité et à l'apparente difficulté pour les ingénieurs à faire prévaloir leur jugement professionnel. Le Ministère doit mettre en place un plan d'action pour les corriger.

13. Constitution et maintien de dossiers complets

La Commission recommande l'adoption d'un programme accéléré de mise en réseau de l'ensemble des dossiers comprenant des données pertinentes à la conduite des activités d'inspection et de réparation des structures. La Commission adresse également cette recommandation aux municipalités de plus de 100 000 habitants.

14. Relations entre les directions territoriales et la Direction des structures

La Commission recommande que le Ministère précise les responsabilités, les fonctions et les rôles respectifs des directions territoriales et de la Direction des structures et que les professionnels et autres personnels concernés en soient informés. Sans recommander la centralisation de l'inspection et de l'entretien des ouvrages d'art à la Direction des structures, la Commission recommande que même si la DS n'assume ni la responsabilité de la gestion administrative ni la gérance directe des travaux, elle soit conjointement imputable avec les directions territoriales des solutions apportées aux problèmes lorsque son expertise est mise à contribution.

15. Ajout d'objectifs spécifiques aux manuels d'inspection des structures

La Commission recommande au MTQ d'intégrer aux manuels d'inspection des structures certains objectifs n'y figurant pas actuellement, bien qu'ils apparaissent dans les guides utilisés par diverses autres juridictions nord-américaines :

- l'obligation de poser un diagnostic lorsqu'un dommage est constaté ;
- l'obligation de diagnostiquer non seulement les problèmes de nature structurale mais également ceux des matériaux ;
- la nécessité d'adapter le système d'inspection à divers types de structures et dans diverses conditions.

7.3 Un réseau qui se dégrade**7.3.1 Ponts dont la responsabilité est assumée par le MTQ**

Le Québec compte environ 12 000 ponts. Ces ouvrages se répartissent en quatre grandes catégories :

- Le *réseau routier supérieur* (RRS) comptait 4 924 ponts en 2005. Ce réseau, regroupant les grandes routes nationales, est entièrement à la charge du Ministère.

- Le *réseau routier municipal* (RRMUN) des municipalités de moins de 100 000 habitants, comptait 4 397 ponts en 2005. Ces municipalités n'ont généralement pas les ressources pour assurer l'inspection et l'entretien de leurs ponts. Le Ministère inspecte ces structures, fournit un soutien technique et financier et assume la totalité des coûts des réparations structurales de ces ouvrages.
- Les ouvrages des municipalités de plus de 100 000 habitants. Ces grandes municipalités sont entièrement responsables des inspections, des réparations et, au besoin, du remplacement de leurs ouvrages d'art. Pour ces municipalités, l'unique contribution du MTQ consiste à mettre à leur disposition ses manuels et ses pratiques en matière de formation des intervenants.
- Les ponts situés en forêt appartenant soit au ministère des Ressources naturelles et de la Faune, les ponts appartenant au gouvernement fédéral et ceux de propriété privée.

La Commission s'est plus particulièrement intéressée aux ponts du RRS et du RRMUN, pour lesquels le MTQ assume d'importantes responsabilités, ce qui représentait, en 2005 un total de 9 321 structures.

7.3.2 Les deux grands indices de classification des ponts

Au Québec, comme dans l'ensemble des autres provinces canadiennes et états américains, on utilise deux grands indices pour classer les ponts. L'un de ces indices évalue l'état de la structure et détermine l'importance et l'urgence des travaux requis pour la maintenir en bon état. L'autre évalue le degré de fonctionnalité de l'ouvrage, c'est-à-dire sa capacité à répondre à la demande à laquelle il est soumis.

L'**indice d'état** fait référence aux conditions de la structure. « *Tous les défauts qui affectent les éléments de la structure – délamination du béton, corrosion de l'acier, pourriture du bois, etc. – sont couverts par ce paramètre* »³. En d'autres mots, l'indice d'état mesure le degré de solidité de l'ouvrage ou, dans une perspective inverse, son degré de détérioration.

Un indice d'état faible attribué à un ouvrage ne signifie pas qu'il y ait péril immédiat d'effondrement de l'ouvrage ; cela indique la nécessité de réparer l'ouvrage dans un délai d'au plus cinq ans.

L'**indice de fonctionnalité** « *regroupe tout ce qui rend une structure apte à fournir à l'utilisateur le service qu'il attend d'elle. La capacité portante, le volume de circulation, la largeur carrossable, les dégagements verticaux supérieur et inférieur sont parmi les principaux éléments considérés lorsque la fonctionnalité d'une structure est évaluée* »⁴. En d'autres mots, la fonctionnalité, c'est la capacité de la structure de répondre à la demande. Pour fins d'illustration, un pont peut être en parfait état physique, mais s'il ne suffit plus à la demande en raison de l'augmentation de la circulation, il sera jugé en mauvais état de fonctionnalité.

³ Pièce COM-52B *État des ouvrages d'art du réseau routier québécois – Bilan pour l'année 2005*. Direction des structures, ministère des Transports du Québec, p. 2.

⁴ Pièce COM-52B, p. 2.

Une structure peut être déficiente sous l'un et l'autre aspect. Elle ne sera alors comptabilisée qu'une seule fois, sous l'indice d'état.

7.3.3 Évaluation des structures sous la responsabilité du MTQ

L'évaluation de l'état des structures nous est livrée dans le document *État des ouvrages d'art du réseau routier québécois – Bilan pour l'année 2005*, de la Direction des structures du MTQ⁵ :

« Une structure est jugée en bon état si aucune intervention d'entretien importante n'est requise sur un horizon de 5 ans. »⁶

À l'aune de ce critère, le RRS comptait, fin 2005, une proportion de 53,3 % de structures en bon état⁷, alors que la proportion pour le RRMUN était de 46,1 %⁸.

Tableau 7.1 Structures déficientes, Québec, 2005

	Déficiences en termes d'état	Déficiences en termes de fonctionnalité	Total des structures déficientes *
Réseau routier supérieur (RRS)	46,4 % (2 285 structures)	2,3 % (111 structures)	46,7 % (2 301 structures)
Réseau routier municipal (RRMUN)	49,0 % (2 156 structures)	12,6 % (553 structures)	53,9 % (2 369 structures)

* Certaines structures sont déficientes sous les deux aspects mais ne sont comptabilisées qu'une fois dans le total.

7.3.3.1 Le Réseau routier supérieur (RRS)

- L'âge moyen des ponts formant le RRS était de 35,7 ans en 2005. En valeur de coût de construction, 73 % de l'inventaire total de ces structures a été constitué entre 1960 et 1980.
- Au cours des dernières années, le nombre de structures déficientes sur le RRS a sans cesse augmenté, passant de 1 752 en 1998 à 2 301 en 2005, et ce, malgré les allègements apportés à certains critères d'inspection et malgré le processus d'audit mis en place pour évaluer la justesse des inspections. Ainsi, en 2005, le rapport du Ministère indique que 20 % des structures corrigées « ne sont plus déficientes à la suite des changements apportés à certains critères d'inspection pour les rendre moins exigeants. Ces modifications visent à mieux refléter l'importance des défauts décelés, et elles sont la conséquence des commentaires formulés par les inspecteurs lors des audits d'inspection réalisés au cours des dernières années ». Un autre 18 % des structures inscrites comme ayant été corrigées durant l'année 2005 « ne sont plus déficientes en raison des cas « d'amélioration spontanée »⁹, c'est-à-dire des structures pour lesquelles des cotes d'inspection ont été revues à la hausse même si aucune intervention n'a été réalisée. »¹⁰

⁵ Pièce COM-52B.

⁶ Pièce COM-52B, p. 2.

⁷ Pièce COM-52B, p. 13.

⁸ Pièce COM-52B, p. B-3

⁹ Les guillemets apparaissent dans le document du ministère.

¹⁰ Pièce COM-52B, p. 11.

- Bien que le nombre de structures corrigées en 2005 fut le plus élevé des trois dernières années, la proportion de structures déficientes a augmenté de 1,5 % (64 structures) durant l'année, malgré les cas d'amélioration spontanée¹¹. En 2004, deux ponts étaient fermés, 116 autres étaient interdits aux surcharges et 44 faisaient l'objet d'un affichage à tonnage réduit, pour un total de 162 ponts (3%)¹².

7.3.3.2 Le Réseau routier municipal (RRMUN)

- Le réseau routier municipal (RRMUN) compte plus de structures déficientes que de structures en bon état.
- Le nombre de structures déficientes a augmenté sans cesse, passant de 1 883 en 1998 à 2 369 en 2005.
- Une proportion de 20 % des ponts municipaux font l'objet d'un affichage réduisant le tonnage permis. En incluant les ponts où sont interdits les surcharges et les 14 ponts fermés, le pourcentage total des ponts faisant l'objet d'un affichage sur le RRMUN en 2005 est de 37 %¹³.

Ces données indiquent à l'évidence une dégradation du RRMUN encore plus importante que celle du RRS. Dans la perspective où elle doit formuler des recommandations touchant à la gestion des ponts dans l'avenir, le réseau routier municipal fait l'objet d'une préoccupation particulière de la part de la Commission.

En 1993, le gouvernement du Québec a transféré aux municipalités le réseau routier municipal. Depuis, en principe et de façon générale, le réseau routier québécois appartient aux municipalités locales, à l'exception des autoroutes qui demeurent la propriété de l'État. *La Loi sur la voirie* permet aussi au gouvernement de décréter qu'une route, qu'elle soit nationale, régionale, collectrice ou chemin d'accès, est une « autoroute ».

Le fait que l'État ou une municipalité soit propriétaire d'une route n'implique pas pour autant que son entretien lui incombe. Ainsi, le ministère des Transports assume la responsabilité de l'entretien de certaines routes sans en être le propriétaire. Le gouvernement détermine par décret les routes relevant de la gestion du Ministère et ce décret est constamment modifié selon des critères demeurés incompréhensibles pour la Commission. Il résulte de cet état de fait une incertitude, une absence de prévisibilité et une grande ambiguïté entre le Ministère et les municipalités quant à la mise en œuvre des opérations d'entretien, de réparation et même d'éventuels remplacements des ponts.

Considérant la complexité technique et les impacts budgétaires associés à la gestion des ponts et ouvrages d'art, le MTQ a mis sur pied, dès 1993, un programme temporaire d'aide à la réfection des ponts et autres ouvrages d'art à l'intention des municipalités de moins de 100 000 habitants. Depuis, en l'absence d'entente avec le monde municipal, le MTQ a reconduit son programme d'année en année. La question du financement constitue la principale pierre d'achoppement à une entente entre le Ministère et le monde municipal, ce dernier estimant

¹¹ Pièce COM-52B, p. 13.

¹² Pièce COM-52B, p. 17.

¹³ Pièce COM-52B, p. B-7.

que la formule proposée par le Ministère ne respecte ni la capacité de payer des municipalités, ni l'équité entre elles.

Les modalités du programme actuellement en vigueur sont les suivantes :

- inspection assurée par le MTQ ;
- transmission des résultats d'inspection à la municipalité ;
- détermination par le MTQ des priorités d'intervention, et ce, à l'intérieur de l'enveloppe budgétaire disponible ;
- élaboration des plans et devis par le MTQ et remise de ceux-ci à la municipalité ;
- appel d'offres effectué par la municipalité ;
- financement des travaux assumé par le MTQ.

En d'autres mots, même si ces ponts ne lui appartiennent pas, le MTQ les inspecte, fixe les priorités quant à leur réparation, finance les travaux, élabore les plans et devis et parfois même va en appel d'offres au nom de la municipalité.

La Commission a consulté divers représentants du milieu municipal qui ont communiqué leur inconfort face à la situation actuelle :

- Les municipalités de moins de 15 000 habitants possèdent à elles seules près de 90 % des 4 397 structures recensées en 2005 sur le RRMUN. Elles n'ont pas les ressources financières pour en assumer adéquatement l'inspection, l'entretien et les réparations. Les investissements consentis par le MTQ ont été très faibles depuis nombre d'années. Les sommes investies par le MTQ dans la réparation des ponts municipaux s'élevaient ainsi à 2,5 M \$ en 2005-2006. Elles atteignent 30 M \$ cette année. Cette hausse importante demeure malgré tout nettement insuffisante puisque les inspections réalisées par le MTQ lui-même indiquent que 54 % des ponts municipaux requièrent des travaux majeurs d'ici cinq ans.
- L'identification des voies publiques relevant de la compétence des municipalités locales constitue pour elles un enjeu capital sur le plan juridique. Les municipalités de moins de 100 000 habitants ressentent un grand inconfort face à leur imputabilité en ce qui a trait à la sécurité des ouvrages se trouvant à l'intérieur de leurs limites territoriales.

Ce malaise du monde municipal a d'ailleurs trouvé écho dans le rapport du Vérificateur général du Québec qui constatait, en 2004, que les communications entre les représentants du MTQ et ceux des municipalités de moins de 100 000 habitants sont déficientes « *ce qui, entre autres, empêche le Ministère d'apprécier les effets de son programme d'aide à la réfection des ponts et autres ouvrages d'art* »¹⁴.

¹⁴ Vérificateur général du Québec, *Rapport à l'Assemblée nationale pour l'année 2002-2003*, Tome II, Chapitre 4, p. 84.

7.3.3.3 Les ouvrages dans les municipalités de plus de 100 000 habitants

Les neuf municipalités de plus de 100 000 habitants gèrent elles-mêmes plusieurs centaines d'ouvrages situés sur leurs territoires respectifs. Ces municipalités sont présumées avoir les ressources qui leur permettent d'assumer leur responsabilité. Le MTQ met à leur disposition ses manuels d'inspection et leur offre une assistance technique quant à la formation des inspecteurs et la rédaction de devis de travaux. La Commission n'a pas étudié la situation de ces municipalités et ne formule aucune recommandation les concernant, à l'exception de la nécessité pour elles de constituer et de maintenir des dossiers complets sur les ouvrages dont elles ont la charge.

7.3.3.4 Considérations budgétaires

Le gouvernement du Québec a créé en 1996 le Fonds de conservation et d'amélioration du réseau routier (FCARR) aux fins du financement des investissements sur le RRS. Le MTQ contribue à la capitalisation du FCARR et c'est ce Fonds qui finance les travaux sur les routes et les structures.

Pour ce qui est du RRMUN, jusqu'à cette année, les investissements sur les ponts municipaux étaient payés comptant par le MTQ. Cependant, à compter du présent exercice financier (2007-2008), la majeure partie des investissements sur les ponts municipaux supportés par le gouvernement seront financés par service de la dette sur dix ans. Ainsi, avec une contribution budgétaire de 8 M\$, la valeur des travaux supportés par le MTQ peut être augmentée substantiellement (30 M\$).

Voici les montants investis sur les ponts du Québec depuis 1996 :

Tableau 7.2 Investissements sur les structures du RRS et du RRMUN et Évolution du nombre de structures déficientes

Exercice financier	RRS		RRMUN	
Réseau	Investissements par le FCARR* (M\$)	Nombre de structures déficiente	Investissements supportés par le MTQ (M\$)	Nombre de structures déficiente
1996-1997	79,9	n.d.	9	n.d.
1997-1998	94,2	n.d.	13,25	n.d.
1998-1999	111,2	1 752	14	1 883
1999-2000	137,8	1 821	14	1 911
2000-2001	152,2	1 924	8	1 961
2001-2002	173	1 994	8	2 022
2002-2003	194,2	2 032	8	2 056
2003-2004	165,9	2 127	1,6	2 128
2004-2005	175,8	2 237	8	2 229
2005-2006	247	2 301	2,5	2 369
2006-2007	251,5	n.d.	8,5	n.d.
2007-2008	539,9	n.d.	30**	n.d.

* Ces montants comprennent, en plus du coût des travaux, des honoraires et des frais administratifs.

** Pour la première fois en 2007-2008, une large part des travaux (23 M\$ sur 30 M\$) est financée sur dix ans par le service de la dette plutôt que payée au comptant.

La dégradation persistante des indices et l'augmentation importante du nombre de ponts déficients depuis une décennie indiquent à l'évidence que ces investissements ont été insuffisants, du moins jusqu'à cette année, pour stabiliser l'état du réseau (nous y reviendrons à la section 7.4.2).

Recommandation de la Commission :

16. Clarification de l'imputabilité quant au RRMUN

La Commission est d'avis que le cadre de gestion des ponts du RRMUN doit être revu pour mieux refléter la réalité. D'une part, le MTQ évalue les ponts, détermine l'ordre de priorité des travaux de réfection, subventionne les travaux, alors que, d'autre part, les petites municipalités n'ont actuellement pas et n'auront jamais les ressources nécessaires pour gérer des structures de cette importance.

Le MTQ devrait reprendre la propriété de l'ensemble des ponts du RRMUN ou, tout au moins, assumer entièrement la responsabilité de leur inspection, de leur entretien et, éventuellement, de leur remplacement. La Commission est aussi d'avis que les municipalités devraient demeurer responsables de l'éclairage et de la signalisation, de l'entretien des trottoirs et du déneigement des infrastructures se trouvant sur leur territoire.

7.3.4 Comparaison avec les réseaux voisins

L'évaluation de l'état des ponts au Québec présente de nombreuses similitudes avec les façons de faire dans les autres provinces canadiennes et dans les états américains. Ainsi, tous ces territoires utilisent un indice mesurant la déficience structurelle des ouvrages (appelé « indice d'état » au Québec) et un autre indice mesurant la déficience fonctionnelle (appelé « indice de fonctionnalité » au Québec). Ces indices ont partout la même finalité : évaluer l'état général des ponts et traduire en dollars les travaux requis pour les maintenir dans un état acceptable. Qui plus est, les ouvrages ont partout été construits en utilisant sensiblement les mêmes matériaux et les mêmes technologies et il faut donc présumer d'une cohérence dans les normes et les méthodologies.

Conséquemment, même si l'exercice commande la prudence, l'utilisation des deux grands indices communs à tous les territoires permet d'établir une comparaison.

Voici un tableau comparant les indices utilisés aux États-Unis et ceux utilisés au Québec.

Tableau 7.3 Définition des indices, Québec et États-Unis

Administrations routières	Déficience	Obsolescence
États-Unis ¹⁵	<p><u>Structurally deficient (SD)</u>: « 1) significant load carrying elements are found to be in poor or worse condition due to deterioration and/or damage or, 2) the adequacy of the waterway opening provided by the bridge is determined to be extremely insufficient to the point of causing intolerable traffic interruptions ».</p> <p>Tout pont classé « structurellement déficient » est exclu de la catégorie « fonctionnellement obsolète ».</p> <p>Nombre de ponts SD aux États-Unis : 73 764 (12%)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pennsylvanie : 5 582 (25%) • New York : 2 110 (12%) • New Jersey : 760 (12%) 	<p><u>Functionally obsolete (FO)</u>: « if it has a deck geometry, load carrying capacity, clearance or approach roadway alignment that no longer meets the criteria for the system of which the bridge is a part ». « Functionally obsolete bridges are those that do not have adequate lane widths, shoulder widths, or vertical clearances to serve the traffic demand or those that may be occasionally flooded ».</p> <p>Nombre de ponts FO aux États-Unis : 80 226 (13%)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pennsylvanie : 3 989 (18%) • New York : 4 501 (16%) • New Jersey : 1 532 (24%)
Québec ¹⁶	<p><u>Indice d'état</u> : « fait référence aux conditions de ses composantes. Tous les défauts qui affectent les éléments – délamination du béton, corrosion de l'acier, pourriture du bois, etc. – sont couverts ».</p>	<p><u>Indice de fonctionnalité</u> : « regroupe tout ce qui rend une structure apte à fournir le service qu'on attend d'elle (par ex. : capacité portante, largeur carrossable, dégagements verticaux, volume de la circulation, etc.) ».</p>
	<p><u>Au Québec, une structure est classée déficiente</u> si elle nécessite une intervention d'entretien importante à l'intérieur d'un délai d'au plus cinq ans.</p>	

Il est généralement admis que l'indice lié à la déficience de la structure (au Québec, l'indice d'état) représente un problème plus grave, en ce sens qu'il indique une détérioration de la structure de l'ouvrage dont l'état commande des travaux à l'intérieur d'un délai maximum de cinq ans.

Lorsque les autorités américaines ont voulu, au milieu des années 1990, réduire le nombre de ponts déficients dans ce pays, elles ont consenti un effort budgétaire important à la réfection des ouvrages désignés comme « structurally deficient ». Elles ont ainsi fait passer cet indice de 18,7 % en 1994 à

¹⁵ Pour les définitions des indicateurs de gestion américains : U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2006, Bridge Inspector's Reference Manual, volume 1. Publication No. FHWA NHI 02-001, Section 4: Bridge Inspection Reporting System. Topic 4.2 : Condition and Appraisal. Page 4.2.12. Les chiffres proviennent du National Bridge Inventory, disponible sur le site Internet de la FHWA, www.fhwa.gov.dot/bridge/.

¹⁶ Pièce COM-52B, p. 2 : Indicateurs de gestion et chiffres québécois.

12,4 % en 2006. Durant la même période, la proportion des ponts identifiés comme « fonctionnellement obsolète » est demeurée très stable, évoluant de 13,8% en 1994 à 13,4 % en 2006¹⁷.

Au Québec, comme l'indique le tableau 7.4, les ponts structurellement déficients (indice d'état) représentent presque un ouvrage sur deux.

Tableau 7.4 Pourcentage des ponts déficients, Québec et États-Unis¹⁸

Territoire	Structurellement déficients (US) et État déficient (QC)	Fonctionnellement obsolètes (US) et Fonctionnalité déficiente (QC)
New Jersey	11 %	24 %
New York	12 %	25 %
Pennsylvanie	25 %	18 %
États-Unis	12 %	13 %
QUÉBEC - RRS	46 %	2 %
QUÉBEC - RRMUN	49 %	13 %

NOTE : Les données sont pour l'année 2005 au Québec et pour l'année 2006 aux États-Unis

Ajoutons à cela que dans les trois états américains étudiés pour établir cette comparaison, l'âge moyen des ponts est d'environ 50 ans¹⁹ alors qu'au Québec l'âge moyen des ponts du RRS se situait en 2005 à 35,7 ans. Il y a lieu de souligner qu'une analyse détaillée des données des trois états américains démontre que c'est dans la catégorie des ponts âgés de plus de 60 ans qu'on observe un pourcentage de déficiences équivalent à celui du parc québécois.

Pour ce qui est de l'Ontario, un rapport du Vérificateur général de cette province, daté de 2004, indiquait que cette année-là, environ 32 % des ponts provinciaux devaient être remis en état ou remplacés dans un délai de cinq ans (soit la même période de référence utilisée au Québec pour inclure un pont dans la catégorie « déficient »)²⁰. La situation dans la province voisine est donc meilleure qu'au Québec, mais moins bonne qu'aux États-Unis.

Malgré toutes les réserves qui s'imposent dans ce type de comparaison, force est de conclure que l'état des ponts au Québec est nettement plus problématique qu'en Ontario et qu'aux États-Unis.

7.4 Une priorité nationale : la remise en état des ponts

La nécessité de mettre en place un vaste programme de remise en état des ponts est apparue graduellement au fil des travaux de la Commission, jusqu'à s'imposer comme une évidence incontournable. La Commission elle-même, aussi bien que les organismes qu'elle a consultés, sont convaincus de l'urgence d'agir à cet égard.

¹⁷ National Bridge Inventory, et 2004 Status of the Nation's Highways, Bridges and Transit : Conditions & Performance, US Department of Transportation, Federal Highway Administration – Report to Congress. Les deux documents sont disponibles sur le site Internet de la FHWA : www.fhwa.gov/dot/bridge/.

¹⁸ U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2006, Bridge Inspector's Reference Manual, volume 1, Publication No. FHWA NHI 02-001, Section 4 : Bridge Inspection Reporting System, Topic 4.2 : Condition and Appraisal, Page 4.2.12.

¹⁹ L'âge moyen des ponts pour l'ensemble des États-Unis, en 2006, était de 42 ans.

²⁰ Ce pourcentage porte sur les 2 800 ponts de juridiction provinciale, dont l'âge moyen est de 37 ans. L'Ontario compte aussi entre 12 000 et 13 000 ouvrages de juridiction municipale, dont l'âge moyen est d'environ 55 ans.

L'Ontario, dont environ 68 % des ponts sont en bon état, veut hausser ce pourcentage à 85 % d'ici 2021. Aux États-Unis, où 75 % des ponts sont en bon état, l'effort d'amélioration entrepris au milieu des années 1990 se poursuit. De toute évidence, le Québec devra non seulement emboîter le pas, mais aussi se donner des objectifs ambitieux et les moyens pour les atteindre. L'effort à consentir sera considérable et devra être maintenu sur une longue période.

La Commission recommande l'adoption d'un programme s'étendant sur au moins dix ans, au terme duquel la proportion des ponts en bon état, tel que mesuré par l'indice d'état, passerait de leurs seuils, en 2005, de 53,6 % (pour les ponts du RRS) et de 51,0 % (pour les ponts du RRMUN) à 80 % pour les deux réseaux. De fait, cet objectif de faire passer à 80% la proportion de structures en bon état devrait s'appliquer à l'ensemble des 12 000 ponts du Québec.

La Commission a entendu les représentations de divers groupes qui s'accordent sur la nécessité d'un redressement, mais qui divergent d'opinion quant à la façon de le réaliser. Ainsi, l'Association professionnelle des ingénieurs du gouvernement du Québec plaide pour un renforcement du rôle du ministère des Transports, lequel deviendrait le maître d'œuvre d'un programme majeur de remise à niveau. Pour sa part, la Coalition pour l'entretien et la réfection du réseau routier du Québec défend la création d'une société parapublique responsable des activités d'entretien, de réfection et d'amélioration du réseau routier, y compris du réseau des ponts. L'Ordre des ingénieurs du Québec, de son côté, recommande la création d'un organisme public dont le mandat serait d'encadrer la mise en œuvre de plans d'intervention dont seraient tenus de se doter tous les gestionnaires d'infrastructures, incluant les municipalités et les ministères.

La Commission ne se prononce pas sur cette question, estimant qu'il revient aux élus de statuer sur des enjeux aussi fondamentaux, touchant au cœur même de l'organisation de l'État. La Commission n'a d'ailleurs pas réalisé de programme spécifique de recherche qui lui aurait permis de faire valoir une expertise détaillée sur la question.

Toutefois, les travaux et les consultations de la Commission lui permettent de présenter un ensemble de conditions lui apparaissant comme essentielles à la réussite du programme proposé.

7.4.1 Un programme ciblé, géré comme un grand projet

Quelle que soit l'orientation retenue par le gouvernement (gestion par le ministère des Transports, par un organisme à créer – tel une société parapublique ou une agence – avec ou sans participation du secteur privé, y compris sous le modèle des partenariats public-privé), l'ampleur de ce programme commande qu'il soit géré comme un grand projet, en faisant appel aux meilleures pratiques connues en matière de gouvernance et de gestion de projets, plutôt que d'être soumis aux contraintes usuelles de la gestion courante des programmes gouvernementaux.

L'effort à consentir sera gigantesque. L'importance des budgets requis et la multitude des travaux à réaliser, combinés aux expertises spécialisées en génie et en construction devant être mobilisées et coordonnées, font en sorte que le programme proposé se compare aisément, par sa complexité, par son ampleur et par sa durée, aux plus grands ouvrages jamais réalisés au Québec.

Un grand projet de cette envergure doit obéir à des objectifs de long terme et pouvoir se dérouler dans des conditions stables et prévisibles afin d'éviter l'éparpillement. Ceci commande donc une budgétisation et une planification pluriannuelle. Effectivement, la mise en ballotage annuelle de son budget ne pourrait qu'en réduire l'efficacité, voire en compromettre le succès.

Pareillement, un tel projet exige la création d'une équipe dédiée qui s'y consacrera sur le long terme et qui n'aura d'autre priorité que celle-là. La mise sur pied d'un grand projet attirera des ressources humaines de qualité et favorisera la stabilité, donc le développement d'une main-d'œuvre qualifiée et la constitution d'équipes hautement compétentes.

En ce qui a trait à la gouvernance, la Commission recommande que ce grand projet fasse systématiquement appel au regard extérieur d'experts indépendants dont le rôle sera de recommander diverses mesures ayant pour but, en cours d'exécution, de mieux baliser les activités de gestion et d'améliorer le contrôle de la qualité. La création de groupes de vérification indépendants, formés de spécialistes et de praticiens issus de disciplines diverses, permettrait d'atteindre cet objectif.

7.4.2 Les investissements requis

La Commission s'est vue dans l'impossibilité d'établir avec précision les investissements requis pour ramener à un niveau acceptable les indices relatifs à l'état des structures d'ici une décennie. La Commission n'a pu concilier les données quant aux coûts de remise en état des ponts contenues dans la documentation remise par le MTQ avec celles apparaissant dans d'autres documents gouvernementaux.

La Commission a cependant pris bonne note de la très importante augmentation des enveloppes d'investissements récemment consentie pour la réfection des structures.

En ce qui a trait aux structures du RRS, la planification révisée approuvée en juillet 2007 par le Conseil du trésor indique que le FCARR leur consacra 540 M\$ au cours de l'exercice 2007 - 2008. Il faut cependant noter ici qu'une fois retranchées les diverses charges d'honoraires et de frais administratifs, les sommes réellement affectées aux travaux s'élèvent à 457,5 M\$. L'année précédente, le montant était de 252 M\$, représentant déjà une très nette augmentation sur la moyenne de 151 M\$ des dix années antérieures. Or, en février 2006, le MTQ estimait à 386 M\$ par année, pour chacune des cinq années à venir, le niveau minimal d'investissements requis aux seules fins de réaliser les travaux exigés d'ici cinq ans en vertu des normes actuellement en vigueur. En d'autres mots, l'enveloppe d'investissements actuelle ne permettra une amélioration des indices que si elle est maintenue à long terme.

Pour ce qui est des ponts faisant partie du RRMUN, alors que les investissements réels moyens ont été de 9 M\$ par année entre 1996 et 2007, ils s'élèveront cette année à 30 M\$. Ces budgets accrus demeurent néanmoins insuffisants. Dans son bilan de l'état des ouvrages d'art pour l'année 2005, le MTQ estime en effet à 74 M\$ par année, pour chacune des cinq prochaines années, les investissements nécessaires pour réaliser les travaux requis d'ici cinq ans en vertu des normes actuelles. Bref, l'augmentation significative consentie cette année ne permet pas de stopper la détérioration des structures du RRMUN et encore moins d'inverser le cours des choses.

Bien qu'incomplètes, ces données amènent la Commission à conclure que le gouvernement du Québec doit envisager un effort budgétaire d'au moins un demi-milliard de dollars par année durant une décennie, s'il veut relever l'indice d'état des ponts du RRS et du RRMUN à un niveau acceptable.

Si le gouvernement retient cette orientation, il lui reviendra alors d'évaluer avec plus de précision les niveaux d'investissements requis pour assurer la remise en état des ponts. Un effort financier de cette ampleur exige en effet du gouvernement des engagements exceptionnels. Pour la bonne marche du programme de remise en état des ponts et viaducs, il est essentiel que les conditions suivantes soient respectées :

- prendre l'engagement clair et ferme de maintenir, sur une période de dix ans, des budgets constants et prévisibles consacrés uniquement à la remise en état des ponts et viaducs ;
- établir une distinction claire entre, d'une part, le budget protégé de l'ordre d'un demi-milliard de dollars par année exclusivement consacré à la remise en état des structures existantes et, d'autre part, les sommes destinées aux nouvelles infrastructures ou aux projets de grande envergure, tels les travaux majeurs sur les traversées du Saint-Laurent ou la reconstruction de l'échangeur Turcot à Montréal ;
- s'assurer que l'autorité responsable du programme gère celui-ci, d'une part, en s'appuyant sur des priorités de long terme clairement et publiquement établies – la première étant la sécurité de la population – et, d'autre part, en établissant une planification pluriannuelle prévisible des travaux.

Le respect de ces conditions n'entrave pas l'imputabilité des élus, qui demeurera entière. Ces derniers seront ainsi appelés à se prononcer sur la création du programme de remise en état des ponts et sur les engagements financiers à long terme requis pour le soutenir. Ils conserveront toutes leurs prérogatives en regard d'ajouts possibles au réseau routier. Sans intervenir dans la gestion courante ou dans l'identification des ouvrages considérés les plus vulnérables, ils pourront définir les objectifs prioritaires du programme, en conformité avec leur projet politique de développement socio-économique du Québec. Ainsi, par exemple, les élus pourraient décider de donner la priorité à la réfection des structures se trouvant sur les réseaux routiers utilisés pour l'exportation, ou ils pourraient identifier un réseau prioritaire de liens interrégionaux.

La Commission souligne encore la nécessité d'établir et de maintenir une planification budgétaire et opérationnelle stable sur le long terme et à l'abri des virages circonstanciels ou conjoncturels. La Commission insiste également sur l'importance de toujours placer au premier plan des priorités la sécurité de la population.

La prévisibilité et la stabilité à long terme du programme permettra aussi aux firmes de génie-conseil et à l'industrie de la construction, ainsi qu'au MTQ, de mieux planifier leurs besoins en ressources humaines et de se développer sur des bases solides. Les ponts, il vaut la peine de le répéter, sont des ouvrages complexes faisant appel à une expertise particulière. À l'exemple d'Hydro-Québec qui contribue au développement de l'expertise de l'industrie électrique en lui faisant part du volume et de l'étalement dans le temps des travaux à venir, l'approche proposée par la Commission permettra tant aux entreprises concernées qu'au ministère des Transports de

constituer des équipes fortes et expérimentées. Non seulement cette approche est-elle garante d'une meilleure qualité de travaux, mais elle favorisera le développement du Québec, puisque ces entreprises ayant acquis une grande expertise dans ce domaine précis, pourront par la suite exporter leur savoir-faire.

7.4.3 Le financement

Outre le Fonds de conservation et d'amélioration du réseau routier, d'autres sources de financement sont disponibles pour la réhabilitation des infrastructures. Deux options viennent naturellement à l'esprit puisqu'elles sont largement utilisées à travers le monde, soit une taxe spécifique sur l'essence et l'instauration d'un système de péage sur certaines routes. Ces deux mécanismes offrent un triple avantage : ils sont la source de revenus stables et relativement prévisibles, ils sont visibles pour les contribuables et ils établissent un rapport « utilisateur-payeur ». D'éventuelles dispositions législatives devraient toutefois donner l'assurance au contribuable que les revenus provenant d'une taxe spécifique ou d'un système de péage seront entièrement consacrés à la remise en état et au maintien en état des structures, ce qui contribuerait à garantir la pérennité du programme.

Le gouvernement du Canada met sur pied périodiquement des programmes de dépenses en matière d'infrastructures. Si le gouvernement du Québec crée un programme qui vise une planification ordonnée de remise en état de l'ensemble des infrastructures et qui donne priorité aux travaux qui se rattachent à la sécurité du public, il pourrait alors justifier clairement une participation financière du gouvernement fédéral au programme à long terme du Québec.

7.4.4 La participation du secteur privé au financement et aux opérations

La Commission est consciente du fait que la présence du secteur privé, tant dans le financement que dans l'exploitation de services publics, soulève parfois des réticences. Elle souligne les possibilités offertes par cette contribution. Lorsque cette présence implique la gérance ou la location de propriétés publiques, elle doit être assortie de conditions contractuelles très précises, quant à l'atteinte d'objectifs de performance et quant à la remise en excellente condition de l'ouvrage à l'échéance.

À l'échelle mondiale, une part importante du marché des capitaux privés est à la recherche de placements sûrs, de longue durée et offrant une grande stabilité de rendement. Le financement des infrastructures constitue pour ces capitaux un débouché fort intéressant.

De plus, le secteur privé a depuis longtemps démontré à la fois sa capacité de s'adapter et d'évoluer avec souplesse dans le cadre de programmes complexes et son expertise dans la réalisation de projets majeurs.

La Commission a également pris acte du fait que la construction de nouveaux axes routiers par le secteur privé, moyennant des formules diverses de partage des revenus telles que le péage, est maintenant une formule éprouvée à l'échelle internationale. Par contre, la Commission reconnaît la difficulté de faire appel aux investissements privés pour la prise en mains de

structures vieillissantes dont il peut être difficile d'établir le niveau de dégradation et donc aussi l'évaluation du risque pour les institutions financières. Il semble plus facile d'articuler une participation du secteur privé lorsqu'il s'agit d'infrastructures nouvelles ou à remplacer.

La Commission considère que face à l'objectif prioritaire qui est de sécuriser à long terme le parc des infrastructures du Québec, il faut être pragmatique plutôt qu'idéologique. Si le secteur privé peut, sur certains projets, dans des délais raisonnables et à moindre coût, participer efficacement au redressement de l'indice d'état de nos structures, l'État ne devrait pas se priver de cette ressource. Il doit voir cependant au respect d'impératifs d'ordre public telles la sécurité et la qualité des ouvrages en fin de contrat, en prévoyant un régime efficace d'imputabilité assorti de sanctions. Par ailleurs, l'utilisation de ce modèle de financement et d'opération au Québec favoriserait la participation de nos entreprises à pareils projets ailleurs sur le continent.

Recommandations de la Commission :

17. La Commission recommande au gouvernement de faire de la remise en état des ponts une priorité nationale à partir des principes suivants :

- Adopter le principe d'un programme de mise à niveau du parc de ponts et viaducs du Québec du réseau RRS et du réseau RRMUN dont l'objectif sera d'élever l'indice d'état des ponts du Québec à un niveau comparable à celui des provinces et états voisins.
- Faire de ce programme un Grand Projet et en assurer une gestion conforme aux meilleures pratiques de gouvernance et de gestion de grands projets, quels que soient les modes d'organisation et de financement retenus, avec ou sans la participation du secteur privé.
- Consacrer à ce programme un budget protégé qui reste à préciser mais qui soit d'au moins un demi-milliard de dollars par année, pour une période de dix ans, dédié exclusivement à la remise en état des structures (réhabilitation ou reconstruction des ouvrages existants).
- Assurer une gestion du programme basée sur des priorités à long terme, la première étant la sécurité de la population, qui soient clairement et publiquement établies par l'autorité responsable, le tout selon une planification pluriannuelle prévisible des travaux.
- Identifier des sources de financement du programme qui procureront des revenus stables et prévisibles et qui devraient être facilement identifiables par les contribuables, en établissant le principe de l'« utilisateur-payeur ».
- Faire appel systématiquement à des experts indépendants dont le rôle sera de recommander des mesures pour mieux baliser les activités de gestion et améliorer le contrôle de la qualité.
- S'il choisit d'associer le secteur privé au projet, que ce soit au niveau de son financement ou de sa gestion, il devra rendre cette participation conditionnelle à l'atteinte d'objectifs de performance précis et à la remise ultime de l'ouvrage en très bonne condition, sous peine de sanctions financières clairement définies.

CONCLUSION

BILAN

Afin de déterminer les circonstances et les causes de l'effondrement d'une partie du viaduc de la Concorde, la Commission a considéré et analysé une preuve abondante faite de témoignages, de documents et de rapports d'expertise. La Commission a recherché la vérité. Elle a établi les faits pour ensuite les évaluer et les interpréter afin d'en tirer des conclusions. Elle a aussi formulé un ensemble de recommandations qui visent le resserrement de la gestion des ouvrages d'art au Québec, dans un but d'amélioration de la sécurité du public. Elle souhaite que son travail ait apporté des réponses aux questions de milliers de citoyens encore médusés par cet événement inattendu, incompréhensible et inquiétant.

Pour ce qui est des circonstances de l'effondrement, la Commission en retient le caractère brutal et instantané. Le surveillant routier, compte tenu de ses fonctions et de ses connaissances, a réagi correctement, avant et après l'effondrement. Le service de signalement 9-1-1 de Laval et celui du ministère des Transports du Québec ont fonctionné normalement. Avant même l'arrivée des services d'urgence, de nombreux citoyens ont agi rapidement et courageusement pour venir en aide aux victimes coincées dans leur véhicule. Les services de premiers secours d'Urgences-santé, des policiers, des pompiers et des premiers secours de Laval, et la Sûreté du Québec, sont intervenus rapidement et de manière disciplinée.

Pour ce qui est des causes de l'effondrement, la Commission a identifié les principales causes physiques ainsi que les causes secondaires contributives. Elle a examiné les comportements et les interventions humaines qui y ont contribué à ces causes. Elle a blâmé des organisations et des personnes qui ont failli à leurs responsabilités durant la phase de construction du viaduc de la Concorde. La Commission a aussi analysé l'entretien de l'ouvrage par le MTQ; elle déplore certaines interventions particulières du Ministère, mais elle le blâme surtout pour les faiblesses systémiques qui ont persisté durant de longues années et qui l'auront empêché de comprendre l'état de dégradation croissante du viaduc et d'y remédier.

La Commission est d'avis que l'effondrement du viaduc de la Concorde ne peut être attribué à une seule entité ou à une seule personne. Aucun des défauts ou des manquements identifiés n'aurait pu, seul, causer cet effondrement, qui résulte d'un enchaînement séquentiel de causes. L'événement tragique du 30 septembre 2006 découle, il est important de le souligner, d'un cumul de défaillances : celle de normes applicables à la conception de l'ouvrage qui aujourd'hui seraient considérées inadéquates et celles de défauts et manquements durant la conception, la construction et la gestion du viaduc de la Concorde tout au long de sa vie utile. C'est avec cette connaissance qu'il faut comprendre et interpréter les reproches et les blâmes contenus dans ce rapport.

Au détail d'ancrage créant le plan de faiblesse, au moment de la conception du viaduc de la Concorde, s'ajoute un devis spécial confus qui entraîna la mise en place d'une catégorie de béton

Conclusion

inadéquate pour résister aux cycles successifs de gel-dégel en présence de sels fondants. La négligence des entrepreneurs dans la conduite des travaux et le caractère gravement déficient de la surveillance se solderont par une pose fautive des armatures. De ce cumul résulte la faiblesse essentielle de la structure.

La Commission est également d'avis que l'absence d'armature en cisaillement dans la dalle épaisse pleine et l'absence d'étanchéité à sa surface sont des causes secondaires contributives à l'effondrement.

Le MTQ a procédé à des inspections répétées sur une période de près de 40 ans. Il ne parviendra pas à déceler la faiblesse essentielle de la structure. Quand en 1992, les armatures seront mises à nu par l'enlèvement en profondeur du béton dégradé au droit de la chaise, le MTQ ne saisira pas la portée des dommages constatés et ne procédera pas à une évaluation de la condition de l'ouvrage. En 2004, l'ingénieur responsable de l'inspection de la structure, préoccupé par l'état de celle-ci, formula une demande d'assistance technique auprès de la Direction des structures ; cette assistance ne sera pas fournie avec toute la rigueur requise.

La Commission a formulé un ensemble de recommandations découlant de ses travaux. La tragédie du viaduc de la Concorde nous rappelle l'importance d'une rigueur sans faille dans l'ensemble des processus de conception, de construction et de surveillance de la construction des ouvrages. Elle nous rappelle l'importance que des normes, des manuels et des programmes rigoureusement mis en œuvre encadrent le travail des personnes responsables des inspections et de l'entretien. Il faut savoir encourager ces personnes à demeurer alertes et curieuses devant les problèmes rencontrés sur les ouvrages placés sous leur responsabilité. Cela est d'autant plus pertinent dans le contexte d'un réseau de structures vieillissantes.

PERSPECTIVES

Le mandat de la Commission l'a amené à ouvrir une fenêtre sur le besoin de modernisation de nos infrastructures, construites pour l'essentiel durant les trente années de l'après-guerre. Le défi de leur remise en état se pose au Québec comme sur l'ensemble du continent. Il importe d'assurer la sécurité des personnes mais aussi de considérer notre capacité à maintenir des infrastructures de premier ordre, de soutenir la qualité de vie de la population et de répondre aux besoins de l'activité économique.

La remise en état des ponts représente un des nombreux chantiers de modernisation auxquels le Québec doit s'attaquer, car ils sont tout aussi essentiels à la qualité de vie de la population que le sont les routes elles-mêmes, les aqueducs et les égouts, les usines de production d'eau potable et de traitement des eaux usées, les édifices publics, les établissements d'enseignement et de santé, les infrastructures de transport collectif et les parcs.

Il faudra planifier et coordonner des centaines de chantiers individuels sur une très longue période de temps, dans un contexte où les ressources financières sont limitées. D'où l'importance de faire les bons choix, de les maintenir sur une longue période et de maximiser les impacts des investissements ainsi consentis. Pour y arriver, il faut accepter une planification budgétaire

et financière pluriannuelle. Il faut adopter résolument une approche de grands projets et les modes de gestion appropriés. Il appartient aux élus de déterminer le niveau d'effort à consentir, d'articuler la participation du secteur privé, en suscitant un consensus fort au sein de la population et de nos institutions.

Du point de vue socio-économique, la remise en état des infrastructures représente une importante occasion de progrès pour nos entreprises et pour notre main-d'œuvre, dans la mesure où l'on saura en comprendre et en mettre en valeur tout le potentiel. L'investissement massif inévitable que devra consentir le Québec représente une occasion extraordinaire de maîtriser les savoirs, de développer la recherche et de créer des technologies et techniques de pointe. Ces investissements pourront même contribuer au développement local et régional et, par la participation variée du secteur privé, constituer une source d'exportation d'expertises et de compétences.

Le Québec tout entier y gagnera.

La production du Rapport de la Commission d'enquête sur le viaduc de la Concorde
sur du papier Rolland Enviro 100 Édition plutôt que du papier vierge réduit votre empreinte
écologique de :

Arbre(s) : 21
Déchets solides : 613 kg
Eau : 57 940 L
Matières en suspension dans l'eau : 3,9 kg
Émissions atmosphériques : 1 345 kg
Gaz naturel : 88 m³



Imprimé sur Rolland Enviro 100, contenant
100% de fibres recyclées postconsommation,
certifié Éco-Logo, Procédé sans chlore, FSC.
Recyclé et fabriqué à partir d'énergie biogaz.