

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

Québec 

DOCUMENTS GÉNÉRAUX

SYSTÈME DE GESTION DES STRUCTURES DU MTQ

**PRÉSENTATION POWERPOINT DE
GUY RICHARD**

Pièce COM-52A

Commissaires M^e Pierre Marc Johnson, président
M. Armand Couture, ing.
M. Roger Nicolet, ing., M.Sc.

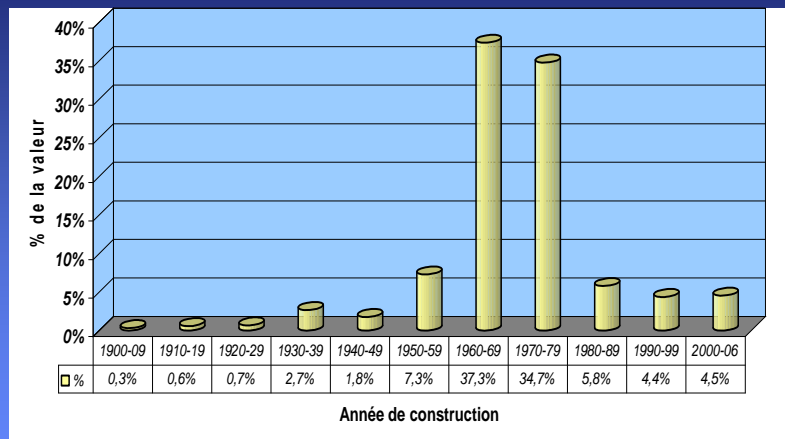


LE SYSTÈME DE GESTION DES STRUCTURES DU MINISTÈRE DES TRANSPORTS

Les actifs

Responsabilité	Nombre	Valeur en M\$
MTQ	5 610	8 735,9
Partagée MTQ - MUN	418	1 076,3
Municipalité	4 386	1 480,1

Distribution des actifs dans le temps



3

Transports
Québec

Système de gestion des structures

□ Définition

Ensemble des procédures et des façons de faire qui ont pour effet de maintenir un parc de structures dans un état sécuritaire et fonctionnel prédéterminé au meilleur rapport coûts-bénéfices.

4

Transports
Québec

Préalables à la gestion des structures

□ Innovation :

– Recherche

- ✕ Sherbrooke :
 - > Béton
 - > Auscultation
 - > Matériaux composites
- ✕ Polytechnique :
 - > Structures
 - > Aluminium
- ✕ Laval :
 - > Béton
 - > Aluminium
 - > Précontrainte

5

Transports
Québec 

Préalables à la gestion des structures (suite)

□ Innovation (suite) :

– Perfectionnement

- ✕ Disponible à tous les employés
- ✕ Cours universitaires
- ✕ Colloques
- ✕ Formation spécialisée

– Veille technologique

– Transfert technologique

6

Transports
Québec 

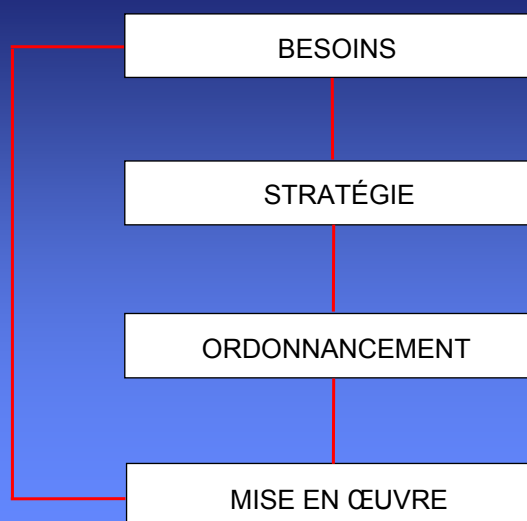
Préalables à la gestion des structures (suite)

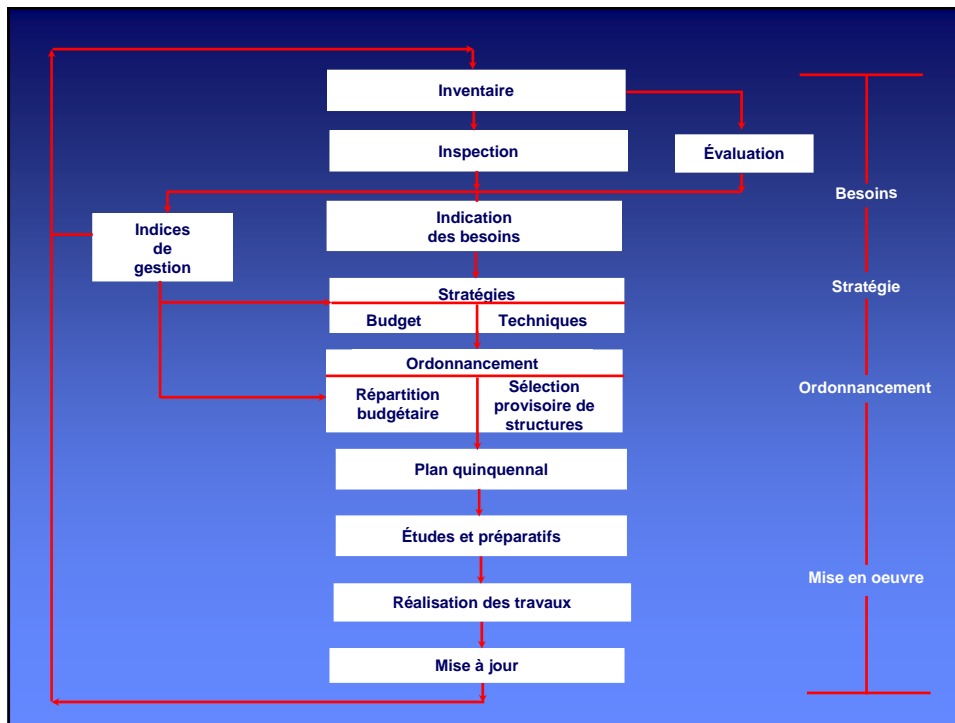
- ❑ Conception :
 - Accréditée ISO 9001:2000
 - Chaque projet est soumis à un comité d'experts
- ❑ Construction :
 - Entrepreneurs ISO
 - Surveillants accrédités MTQ

7

Transports
Québec

Système de gestion des structures





Inventaire

- ❑ L'inventaire comprend tous les ponts et ponceaux ayant une ouverture de 3,0 mètres et plus et tous les murs de soutènement de 1,5 m de hauteur apparente et 150 m² et plus de superficie.


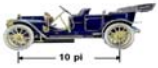



Inventaire (suite)

- ❑ Pour chaque structure, 98 éléments répertoriés et répartis dans trois catégories :
 - La localisation
 - La description géométrique
 - La fonctionnalité et ses besoins fonctionnels
- ❑ L'inventaire comprend :
 - 6 100 structures MTQ
 - 4 400 structures municipales

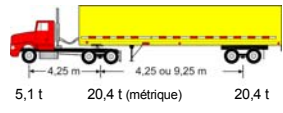
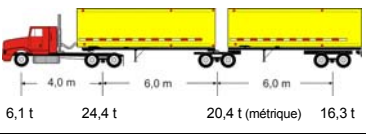
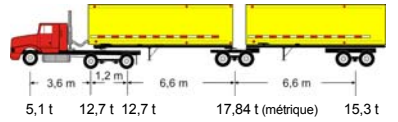
11

Transports
Québec

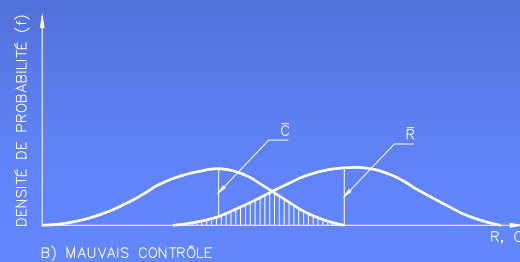
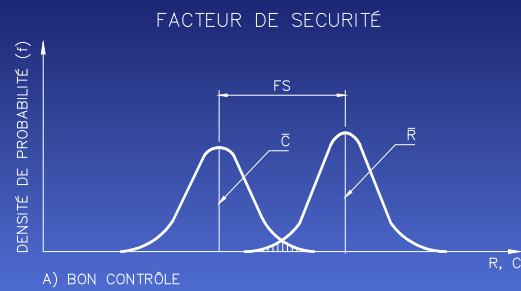
Évaluation de la capacité portante Chargements de conception

Année d'introduction	Chargement	
Avant 1910	Chariot	
1910	Engin à vapeur ou véhicule motorisé	
1930	H10 H15 H20	 2 t 8 t (impérial) 3 t 12 t (impérial) 4 t 16 t (impérial)
1944	H20-S16 H15-S12	 4 t 16 t (impérial) 16 t 3 t 12 t (impérial) 12 t
1971	H25-S20	 5 t 20 t (impérial) 20 t

Chargements de conception (suite)

Année d'introduction	Chargement	
1980	MS-250	 <p>5,1 t 20,4 t (métrique) 20,4 t</p>
1989	QS-660	 <p>6,1 t 24,4 t 20,4 t (métrique) 16,3 t</p>
2002	CL-625	 <p>5,1 t 12,7 t 12,7 t 17,84 t (métrique) 15,3 t</p>

Évaluation de la capacité portante



Évaluation de la capacité portante

- ❑ Ponts évalués :
 - Ponts présentant des désordres structuraux relevés lors des inspections générales et spéciales
 - Ponts accidentés
 - Ponts sur lesquels des travaux majeurs d'entretien sont requis

15

Transports
Québec 

Évaluation de la capacité portante (suite)

- ❑ L'évaluation est faite en conformité avec le code CSA-S6 en vigueur
- ❑ Le cas des ponts ne présentant pas une capacité suffisante face aux charges légales est soumis à un comité d'experts

16

Transports
Québec 

Programme d'inspection des ponts

□ But :

- Détecter au plus tôt les défauts de manière à pouvoir :
 - ⊗ Prendre les mesures de sécurité si nécessaire
 - ⊗ Établir les besoins d'intervention afin de protéger le capital investi

17

Transports
Québec 

Types d'inspections courantes réalisées sur les ponts du MTQ

- Inspection sommaire
- Inspection générale
- Ces inspections sont réalisées à l'intérieur d'un processus enregistré à la norme ISO 9001 (2000) pour chaque DT :
 - Vérification
 - Rigueur
 - Amélioration continue de la qualité

18

Transports
Québec 

Inspection sommaire

- ❑ Examen visuel de la structure afin de détecter des anomalies majeures, réalisé chaque année, sauf lorsqu'il y a une inspection générale
- ❑ Inspection de niveau 1

19

Transports
Québec 

Inspection générale

- ❑ Examen systématique de tous les éléments d'une structure, le doigt sur la pièce, afin de détecter les défauts, soit :
 - Leur importance
 - Leur incidence sur le comportement de la structure
- ❑ Inspection de niveau 2

20

Transports
Québec 

Inspection générale (suite)

- ❑ Effectuée conformément au système d'évaluation des dommages :
 - Évaluation de l'état des matériaux
 - Évaluation du comportement des éléments
- ❑ Le système d'inspection est supporté par le système de gestion des structures (SGS-5016)
 - Rapport d'inspection normalisé

21

Transports
Québec 

Inspection générale (suite)

- ❑ Le système d'évaluation des dommages :
 - Un outil mis à la disposition des inspecteurs pour uniformiser l'évaluation de l'importance des dommages détectés sur les éléments des structures
 - Il est constitué d'un ensemble de critères d'évaluation auxquels doit se référer l'inspecteur pour évaluer l'importance des dommages détectés

22

Transports
Québec 

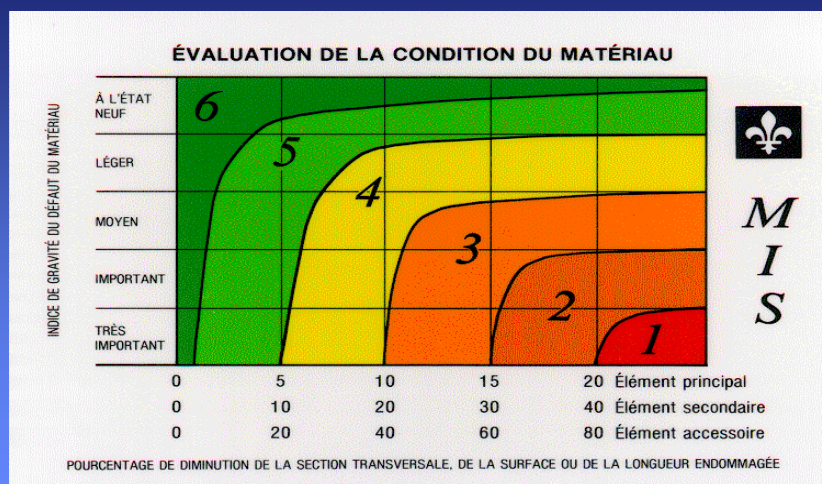
Principes généraux

- Le système d'évaluation des dommages repose sur deux indicateurs :
 - La condition du matériau de l'élément. C'est la **COTE D'ÉVALUATION DU MATÉRIAU (CEM)**
 - La capacité de l'élément à jouer son rôle dans la structure. C'est la **COTE D'ÉVALUATION DU COMPORTEMENT (CEC)**

23

Transports
Québec

Critères généraux : CEM



Inspections additionnelles

- ❑ Relevé de dommage
 - Carottage du béton (f'_c , Cl-)
 - Potentiel de corrosion
 - Géo-radar, thermographie
 - Ultrason, radiographie, ressuage
 - Magnétoscopie
- ❑ Inspection de niveau 3

27

Transports
Québec 

Inspections additionnelles

- ❑ Instrumentation :
 - Vérification de nouvelles technologies, et nouveaux matériaux
 - Vérification d'une réhabilitation complexe
 - Télésurveillance (Inspection niveau 4)

28

Transports
Québec 

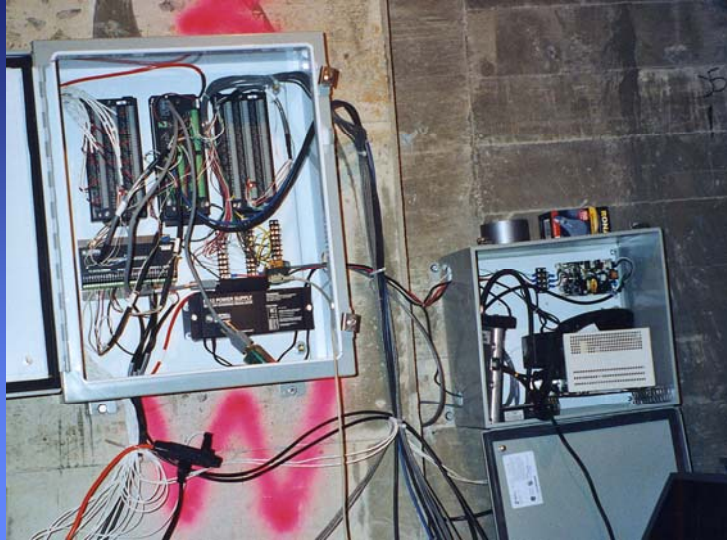
Laboratoire mobile



Laboratoire mobile



Laboratoire mobile



Fréquence des inspections

- ❑ Inspections courantes :
 - Sommaire : annuelle
 - Générale : intervalle variable (de 2 à 6 ans)
- ❑ Inspections particulières :
 - Affouillement : selon l'ingénieur
 - Sous-marine : 10 ans
 - Spéciale : au besoin
 - D'évaluation : au besoin
 - D'observation : selon DS

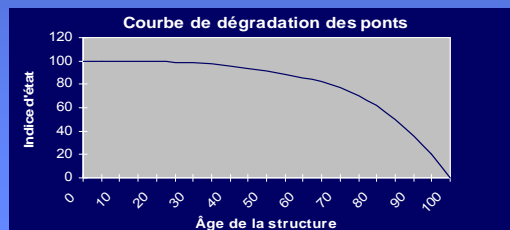
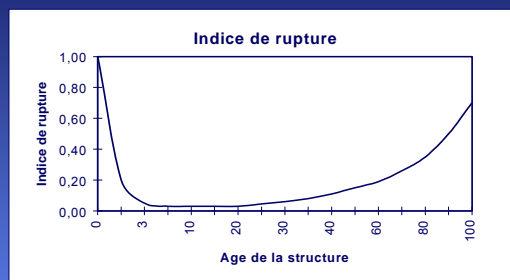
Intervalle d'inspection

- L'intervalle entre les inspections est fixé en fonction des critères suivants :
 - Le type de structure
 - L'âge de la structure
 - L'état de la structure
 - Le volume de circulation de la route
 - Le facteur de capacité de surcharge

33

Transports
Québec

Inspection générale Intervalle d'inspection



Indice de gestion

- ❑ IES = Indice d'État de la Structure
- ❑ IFS = Indice Fonctionnel de la Structure
- ❑ IVS = Indice de Vulnérabilité Sismique
- ❑ IPS = Indice Pondéré des Structures

35

Indice fonctionnel

$$\text{IFS} = 100 - (\text{Fd} \times \text{Ica} \times \text{Dca} + \text{Itr} \times \text{Dtr} + \text{Iap} \times \text{Dap} + \text{Ldh} \times \text{Ddh} + \text{Idvi} \times \text{Ddvi} + \text{Idvs} \times \text{Ddvs} + \text{Ivc} \times \text{Dvc} + \text{Ih} \times \text{Dh} + \text{It} \times \text{Dt} + \text{Ipc} \times \text{pc})$$

Fd = Facteur d'importance du détour Fd = 1

$I_{(x)}$ = Indice d'inadéquation du paramètre fonctionnel

$$0 \leq I_{(x)} \leq 1$$

$D_{(x)}$ = Valeur de base des points de démerite associés paramètre x

Peut varier de 0 à 100

On considère qu'un pont est fonctionnel lorsque que son indice est ≥ 80

36

Indice fonctionnel Points de démerite

Paramètre	D(x)
Capacité calculée	35
Affichage	35
Volume de trafic	25
Dégagement vertical supérieur	15
Dégagement vertical inférieur	15
Largeur de la voie carrossable	15
Dégagement horizontal	5
Comportement hydraulique	5
Conditions d'approche	5
Présence de trottoirs	5
Présence d'une piste cyclable	5

Indice d'état

$$IES = 100 - (I_f \times D_f + I_s \times D_s + I_p \times D_p)$$

$$\text{Avec } IES \geq 0$$

où les valeurs des variables sont les suivantes :

$I_f =$ Indice d'état des éléments de fondation $0 \leq I_f \leq 1$

$I_s =$ Indice d'état des systèmes structuraux $0 \leq I_s \leq 1$

$I_p =$ Indice d'état du platelage $0 \leq I_p \leq 1$

$D(z) =$ Valeur de base des points de démerite pour (z)

Peut varier de n0 à 100

Considérer un remplacement ≤ 40 Entretien ≤ 75 généralement correct

Indice de vulnérabilité sismique

RS = Facteur de risque sismique
FF = Facteur de fondation
 $C_{(i)}$ = Coefficient d'influence sismique

$$IVS = 100 - [RS \times FF (0,22C_1 + 0,22 C_2 + 0,15C_3 + 0,13C_4 + 0,07C_5 + 0,02C_6 + 0,07C_7 + 0,12C_8)]$$

(C₁) Type de pont
(C₂) Complexité de comportement structural
(C₃) Nombre de discontinuités dans la superstructure
(C₄) Types de supports verticaux
(C₅) Type d'appareil d'appui
(C₆) Biais du pont
(C₇) Nombre de poutres
(C₈) Services publics

39

Transports
Québec

Indice pondéré des structures

$$IPS = \frac{\sum_{i=1}^n V_i l_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

IPS = Indice pondéré
 V_i = Valeur à neuf
 l_i = Indice du i^è pont
 n = Nombre de ponts dont les indices de gestion peuvent être calculés

40

Transports
Québec

Classification des structures aux fins d'inspection

- ❑ Trois niveaux de structures à inspecter :
 - Niveau 1
 - Niveau 2
 - Niveau 3

41

Classification des structures aux fins d'inspection

- ❑ Critères :
 - Comportement structural nécessitant plus de connaissances de la part de l'inspecteur pour percevoir les dommages
 - Fréquence d'inspection
 - Longueur de travée

42

Trois niveaux de structures à inspecter

□ Niveau 1

- Types de structures : ponts avec poutres d'acier continues, poutres-caissons en acier, en béton armé ou en béton précontraint, poutres triangulées en acier, ponts en arc en acier, ponts à câbles et ponts mobiles

43

Transports
Québec

Pont de niveau 1



Trois niveaux de structures à inspecter

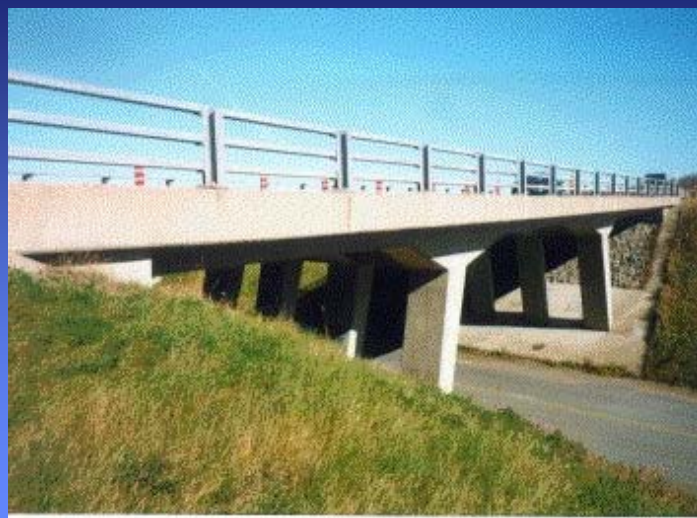
□ Niveau 2

- Types de structures : ponts avec poutres d'acier non continues, poutres en béton précontraint coulées en place, portiques en acier, ponts à béquilles en béton et acier, ponts à poutres triangulées en bois et couverts, ponts en arc en béton armé
- Autres critères :
 - ✕ Travée supérieure à 35 mètres
 - ✕ Fréquence d'inspection de deux ans

45

Transports
Québec

Pont de niveau 2



Trois niveaux de structures à inspecter

□ Niveau 3

- Types de structures : ponceaux, dalles épaisses, poutres en béton, poutres AASHTO ou NEBT, ponts acier-bois, poutres bois, portiques en béton, poutres en acier enrobées de béton, murs
- Autres critères : fréquence d'inspection de 3, 4, 5 ou 6 ans, longueur de travée inférieure à 35 mètres

47

Transports
Québec

Pont de niveau 3



Classes d'inspecteurs

- Cinq classes
 - A1, A2 (ingénieurs)
 - B1, B2 (techniciens)
 - C (techniciens)

49

Classes d'inspecteurs A2

- Exigences :
 - Ingénieur
 - Formation théorique de base en inspection des structures
 - Formation pratique accompagnée d'un ingénieur A1 pour deux structures de chacun des types disponibles dans la direction territoriale

50

Classes d'inspecteurs A1

□ Exigences :

- Ingénieur
- Formation théorique de base en inspection des structures
- Réaliser 80 000 m² d'inspection
- Réussir les formations suivantes :
 - ✘ Conception
 - ✘ Ponts normalisés
 - ✘ Entretien
 - ✘ Construction et réparation
 - ✘ Ponceaux-murs
 - ✘ Inspection des structures d'acier

51

Transports
Québec 

Classes d'inspecteurs B2

□ Exigences :

- Technicien
- Formation théorique de base en inspection des structures
- Formation pratique accompagnée d'un ingénieur A1 pour deux structures de chacun des types disponibles dans la direction territoriale

52

Transports
Québec 

Classes d'inspecteurs B1

□ Exigences :

- Technicien
- Réaliser 80 000 m² d'inspection
- Réussir les formations suivantes :
 - ✕ Formation de base en inspection des structures
 - ✕ Ponts acier-bois
 - ✕ Ponceaux-murs

53

Transports
Québec 

Classes d'inspecteurs C

□ Exigences :

- Technicien
- Formation théorique de base en inspection des structures

54

Transports
Québec 

Les inspecteurs

□ Leurs tâches :

- Inspecter systématiquement chacun des éléments des ponts qui doivent être inspectés
- Détecter les dommages qui altèrent ces éléments
- Proposer des recommandations d'entretien
- Aviser immédiatement l'ingénieur responsable s'il y a des défauts majeurs
- Faire des demandes d'expertises au besoin

55

Transports
Québec 

Inspection générale : Qui inspecte quels ponts?

- Niveau 1 : Inspecteur A1 accompagné d'un inspecteur B1 ou B2
- Niveau 2 : Inspecteur A2 accompagné d'un inspecteur B1 ou B2
- Niveau 3 : Inspecteur B1 accompagné d'un inspecteur B2

56

Transports
Québec 

Consultants

- ❑ Inspection réalisée par un ingénieur et un technicien
- ❑ Ingénieur :
 - Formation de base
 - Dix ans d'expérience en conception, en évaluation ou en entretien, y compris l'analyse structurale

OU

57

Transports
Québec 

Consultants (suite)

- ❑ Ingénieur :
 - Formation de base en inspection des structures
 - Cinq ans d'expérience en conception, en évaluation ou en entretien, y compris l'analyse structurale
 - 40 000 m² de surface de ponts inspectés

OU

58

Transports
Québec 

Consultants (suite)

- ❑ Ingénieur :
 - Formation de base en inspection des structures
 - Deux ans d'expérience en conception, en évaluation ou en entretien, y compris l'analyse structurale
 - 80 000 m² de surface de ponts inspectés

59

Transports
Québec 

Inspecteurs accrédités

- ❑ MTQ : 172
- ❑ Consultants : 423

60

Transports
Québec 

Méthode traditionnelle



Avec passerelle



Avec nacelle



Par escalade





Le nouveau système de gestion des structures

Modifications majeures

- ❑ Pour l'inventaire:
 - Les dimensions de chaque élément sont requises
 - Plus de validations des données d'entrées
- ❑ Pour l'inspection:
 - La cote d'évaluation du matériau est remplacée par le pourcentage de chaque élément dans l'état A, B, C ou D
 - La cote de comportement passe de 1 à 6 à 1 à 4

Modifications majeures (suite)

- ❑ Pour les indices:
 - L'algorithme de calcul de l'indice d'état est modifié
 - Un indice de comportement est ajouté
- ❑ Une seule base de données centralisée permettra de remplacer 16 bases de données
- ❑ Les plans des ponts pourront être consultés directement du progiciel

67

Transports
Québec 

Modifications majeures (suite)

- ❑ Interface cartographique disponible
- ❑ Possibilité de rattacher des documents
- ❑ Version portable disponible pour le terrain
- ❑ Possibilité de photos pour chaque élément
- ❑ Historique des données d'inspection

68

Transports
Québec 

Planification stratégique

□ Le but :

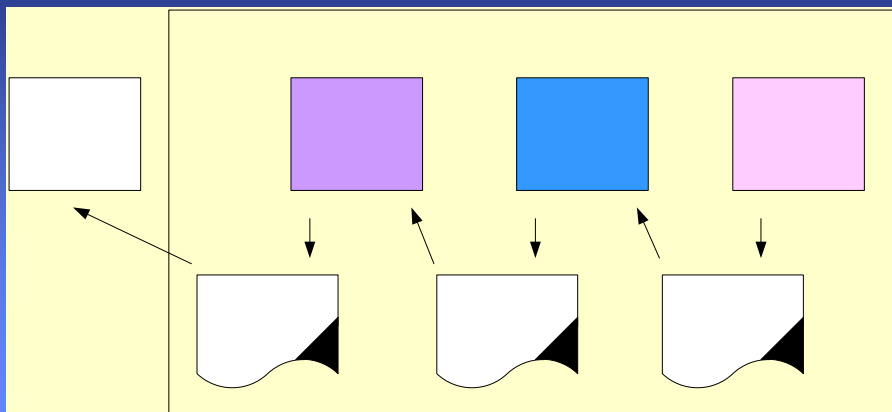
- Prévoir les budgets requis :
 - ⊗ Prévion de l'état des structures en fonction d'un niveau d'investissement
 - ⊗ Niveau d'investissement requis pour maintenir ou amener les structures à un état « X »
- Outils d'aide à la décision :
 - ⊗ Mieux cibler les priorités
 - ⊗ Faciliter la préparation de la programmation

71

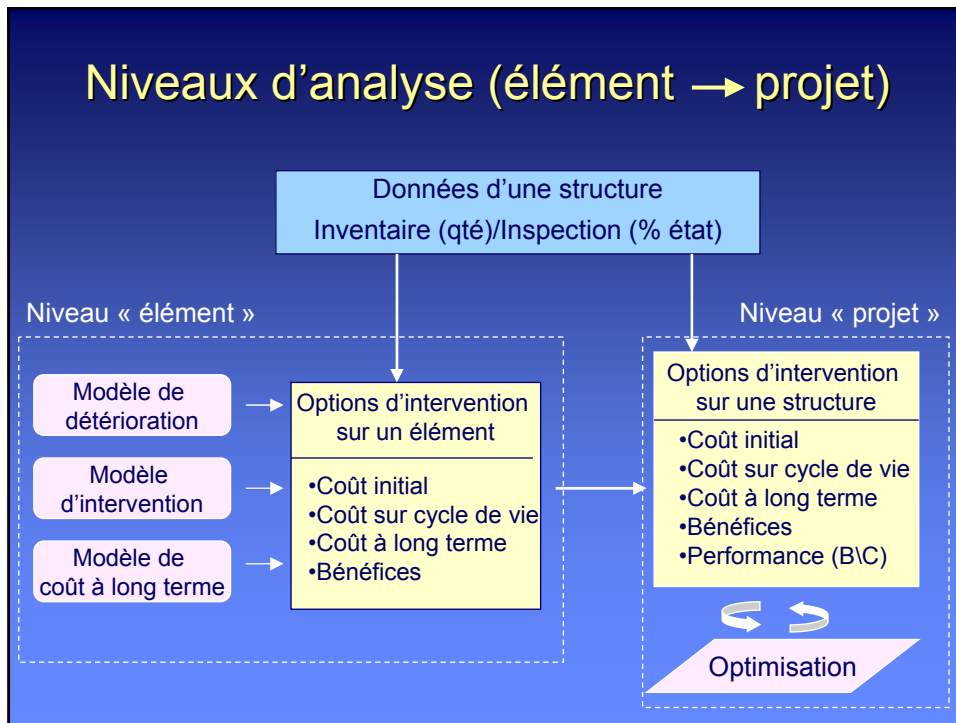
Transports
Québec

Planification stratégique

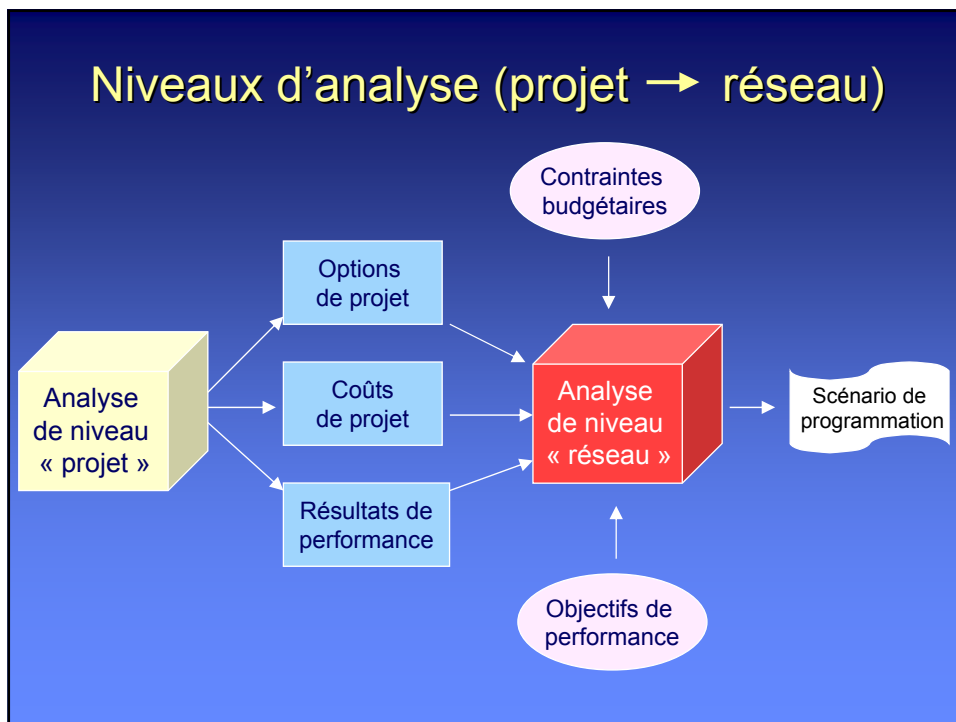
□ Trois niveaux d'analyse




Niveaux d'analyse (élément → projet)



Niveaux d'analyse (projet → réseau)



Direction des structures



MERCI

Transports
Québec 