Performance de dalles de ponts avec béton modifié au latex après 20 ans de service

Jacques Bertrand, ing.
Béton Mobile du Québec Inc.

18ième Colloque sur la progression de la recherche québécoise sur les ouvrages d'art

Québec, QC
10 Mai 2011

Plan de conférence

- Définition d'un béton modifié au latex (LMC)
- Développement historique
- Utilisation du béton modifié au latex (LMC) au Québec
- Évaluation de chapes en béton modifié au latex (LMC) pour 3 projets:
  - Gatineau
  - St-Gilles de Lotbinière
  - Montréal
- Étude de VDOT sur le pont Lynnhaven Inlet, en Virginie
- Conclusions

Latex-modified concrete (LMC)

Latex-modified concrete (LMC)

"*Hydraulic cement and aggregates combined at the time of mixing with organic polymers that are dispersed or redispersed in water*."

American Concrete Institute, 548.4 - 10

Références

- American Concrete Institute, 548.3R - 09: "*Report on Polymer-Modified Concrete"*
- American Concrete Institute, 548.4 -10: "*Standard Specification for Latex-Modified Concrete (LMC) Overlays"* (Reapproved 2010)
- Federal Highway Administration, RD - 78 - 35: "*Styrene-Butadiene Latex-Modifiers for Bridge Deck Overlays*"
- International Concrete Repair Institute, R310.2 - 1997: "*Selecting and Specifying Concrete Surface Preparation for Sealers, Coatings, and Polymer Overlays"* (Formerly No. 03732)

Historique

- 4000 av J-C, Babylone: *Polymère naturel tel que albumen et pâte de riz pour mortier des murs en briques d`argile*
- 3000 av J-C, Vallée d`Indus: *Polymère naturel tel que albumen et pâte de riz pour mortier des murs en briques d`argile*
- 1923: *Premier brevet pour un mélange ciment hydraulique - polymère dans l'utilisation de pavé avec latex naturel caoutchouté*
- 1930 -1940: *Développement des mortiers et bétons avec latex naturel caoutchouté*
- 1932: *Premier brevet pour un mélange ciment hydraulique - polymère pour pavé avec latex synthétique*
- 1940 - 1960: *Développement de plusieurs polymères synthétiques*

Historique

- 1960 - 1980: *Recherches sur l`utilisation des polymères pour bétons et mortiers*
- 1956: *Utilisation aux États-Unis des mortiers avec latex pour chape de protection contre l'ingression des ions de chlores*
- 1969: *Première utilisation du LMC pour chape de béton par VDOT*
- 1975, Londres: *Première conférence, « International Congress on Polymers in Concrete »*
- 1978: *Rapport Étude FHWA RD-78-35: "Styrene-Butadiene Latex-Modifiers for Bridge Deck Overlays"*

Historique

- 1970 - 1980: *Utilisation LMC, en Ontario*
- 1984: *Pont des chaudières, Gatineau QC, TPSGC Première utilisation LMC pour une chape de roulement au Québec*
- 1985: *Rapport d`expertise par le laboratoire central du MTQ sur le béton modifié au latex*
- 1987: *Première chape de béton modifié au latex LMC coulée par MTQ sur un pont à St-Gilles de Lotbinière*
- 1990: *Utilisation du béton modifié au latex LMC pour le remplacement des joints de dilatation du boulevard métropolitain A40 à Montréal*
- 1992 - 2005: *Chape de béton latex, Pont St-John Harbor Bridge, TPSGC, St-Jean NB*

Historique LMC pour chape de roulement

- 1950-1960
  - Développement de l'utilisation pour les chapes de revêtement
- 1960
  - Utilisation de béton modifié au latex pour chape de roulement de ponts
- 1975
  - Première conférence, « *International Congress on Polymers in Concrete* », Londres (GB)
- 1978
  - Étude FHWA RD-78-35: "*Styrene-Butadiene Latex-Modifiers for Bridge Deck Overlays"*
- Aujourd'hui –
  - Plus de 10,000 chapes de béton modifié au latex LMC coulées aux États-Unis

Historique LMC pour chape de roulement

- 1950-1960
  - Développement de l'utilisation pour les chapes de revêtement
- 1960
  - Utilisation de béton modifié au latex pour chape de roulement de ponts
- 1975
  - Première conférence, « *International Congress on Polymers in Concrete* », Londres (GB)
- 1978
  - Étude FHWA RD-78-35: "*Styrene-Butadiene Latex-Modifiers for Bridge Deck Overlays"*
- Aujourd'hui –
  - Plus de 10,000 chapes de béton modifié au latex LMC coulées aux États-Unis

NORMES BÉTON LATEX MTQ

Transports Québec

NORME

BÉTONS ET PRODUITS CONNEXES

3.1 Bétons

Bétons de masse volumique normale

Tome VII | Chapitre 3 | Norme 3101 | Page 5 de 9 | Date 2010 12 15

Tableau 3101–2
Caractéristiques des bétons de masse volumique normale pour les ouvrages d'art

Type	Résistance à 28 jours (MPa)	Masse min. liant (kg/m³)	Type de liant[1]	Rapport eau/liant max. ou dans l'intervalle	Gros granulats (mm)	Teneur en air[2] (%)	Affaissement (mm) ± 30	Affaissement (mm) ± 40	Étalement (mm) ± 50	$\bar{L}$ max (µm)	Perméabilité aux ions chlore max. (Coulombs)
XVI-5	35	390	GUb–SF, GUb–F/SF, GUb–S/SF	0,40	2,5–10	4–8	120	—	—	230	1000
XVI-15	35	390	GU	0,40	2,5–10 5–14	3–7[10] 3–6	150	—	—	300	1000

10. L'exigence de 3 à 7 % s'applique pour la bétonnière mobile. Pour la centrale de dosage, la teneur en air est de 5 à 8 %.

Béton latex au Québec

CLASSE	UTILISATION	RÉSISTANCE À LA COMPRESSION	MÛRISSEMENT POUR MEMBRANE	
15%GU TYPE XVI-15	CHAPE RÉFECTION DALLES JOINTS DE DILATATION	15 MPa @ 1 Jr 25 MPa @ 7 Jrs 35+ MPa @ 28 Jrs	72 HEURES	1 Jr HUMIDE 2 Jrs SEC
15%HE TYPE XVI-15	CHAPE RÉFECTION DALLES JOINTS DE DILATATION	20 MPa @ 1 Jr 30 MPa @ 3 Jrs 35+ MPa @ 7 Jrs 35+ MPa @ 28 Jrs	72 HEURES	1 Jr HUMIDE 2 Jrs SEC
15%RSLMC	CHAPE RÉFECTION DALLES JOINTS DE DILATATION	20 MPa @ 3 Hres 30 MPa @ 1 Jr 35+ MPa @ 7 Jrs 35+ MPa @ 28 Jrs	8 HEURES	4 Hres HUMIDE 4 Hres SEC
5%TERNAIRE TYPE XVI-5	CHAPE RÉFECTION DALLES NIVELLEMENT DE DALLES	10 MPa @ 1 Jr 25 MPa @ 7 Jrs 35 + MPa @ 28 Jrs	10 JOURS	7 Jrs HUMIDE 3 Jrs SEC

BÉTON LATEX AU QUÉBEC

Chape de circulation

- Pont des Chaudières, Hull, 1984, TPSGC
- Pont St-Gilles, Lotbinière, 1987, MTQ
- Pont Île Verte, Ville de Laval, 1989
- Échangeur Rockland A40E/A15N, 1991, MTQ
- Pont Édouard Paré, Amos, 2008, MTQ
- Échangeur Turcot, Bretelle E (partielle), 15S-15S, Montréal, 2010, MTQ

Pont des Chaudières, Gatineau QC, TPSGC

Pont des Chaudières, Gatineau QC, TPSGC

- 1954: Construction du pont
  - Revêtement d'asphalte
  - Aucune membrane
- 1984:
  - Enlever le revêtement asphalté
  - Installation d`une chape de béton latex LMC

Pont des Chaudières, Gatineau QC			
Résistance à la compression (Mpa) (CSA 23.2-14 C)	Chape béton Latex	62,2	(25 ans)
Teneur en air (%) – Béton durci (ASTM C 457)	Chape béton latex	2,0	(25 ans)
	Béton d'origine	6,9	(54 ans)
Distribution du réseau de bulle d'air [L barre (µm)] (ASTM C 457)	Chape béton Latex	676	(25 ans)
	Béton d'origine	193	(54 ans)
Adhérence – Traction directe (Mpa) (CSA 23.2 - 6 B)		2,3 1,7	(5 ans) (25 ans)
Pénétration des ions chlore (Coulombs) (ASTM C 1202 09)	Chape béton Latex	172	(25 ans)

Source: Béton Mobile du Québec inc.

DESCRIPTION VISUELLE DES CAROTTES

Dossier	B05634-045	Carotte n°	8
Client	Béton Mobile du Québec inc.	Localisation	Zone non délaminée
Projet	Essais sur béton de réparation	Angle de forage	90°
Endroit	Pont Des Chaudières	Profondeur (mm)	105-120
Relevé par	Aleksandra Popic, ing. stag. M.Sc.A.	Diamètre (mm)	70
Vérifié par	Jacques Beaulieu ing. M.Sc.A.	Foré par	
Date rapport	2009-11-09	Date de carottage	2009-11-04

Épaisseur des matériaux	
Mortier (mm)	
Béton de ciment (mm)	105-120*

Adhérence des matériaux	
Béton réparation / Béton (Oui / Non)	Oui

Caractéristiques du béton	
Diamètre nominal maximal des granulats (mm)	14**
Consolidation (Bonne / Moyenne / Pauvre)	Bonne
Enrobage des granulats (Bon / Moyen / Pauvre)	Bon
Enrobage de l'acier (Bon / Moyen / Pauvre)	
Fissure verticale (longueur, mm)	
Plan de délamination (profondeur, mm)	
Dégradation du béton (profondeur, mm)	
Signe de réactivité alcalis-granulats	

Caractéristiques des barres d'armatures	
Diamètre du premier rang (mm)	
Épaisseur d'enrobage (mm)	
Corrosion (Aucune / Faible / Moyenne / Forte)	
Diamètre du second rang (mm)	
Épaisseur d'enrobage (mm)	
Corrosion (Aucune / Faible / Moyenne / Forte)	

Photographie

Remarques

* L'épaisseur du béton de réparation est de 50 mm.
** La dimension nominale maximale du gros granulat du béton d'origine est de 20 à 28 mm.
L'adhérence du béton d'origine avec le béton de réparation est complète.
À la surface de la carotte les gros granulats sont en relief et le mortier est usé sur une profondeur d'environ 1,5 mm.

Pont St-Gilles de Lotbinière
Route 218

- 1962: Construction du pont
  - Pont en portée simple avec poutres en béton
  - Revêtement d'asphalte
- 1987: Réfection du pont
  - Enlever le revêtement d'asphalte
  - Installation d`une chape de béton latex LMC

Pont St-Gilles de Lotbinière

Route 218, Juillet 1987

Pont St-Gilles de Lotbinière,
Route 218, Mars 2010

St-Gilles de Lotbinière			
Résistance à la compression (Mpa) (CSA 23.2 - 14 C)	Chape béton Latex	53.9	(23 ans)
Teneur en air (%) – Béton durci (ASTM C 457)	Chape béton latex	7,2	(23 ans)
	Substrat	-	-
Distribution du réseau de bulle d'air [L barre (µm)] (ASTM C 457)	Chape béton Latex	394	(23 ans)
	Substrat	-	-
Adhérence – Traction directe (Mpa) (CSA 23.2 - 6 B)		1,3	(23 ans)
Pénétration des ions chlores (Coulombs) (ASTM C 1202 - 09)	Chape béton Latex	154	(23 ans)
Absorption (%) (ASTM C 642)		1,00	(23 ans)
Vides perméables (%) (ASTM C 642)		5,00	(23 ans)

Montréal QC, Boul. métropolitain Bretelle 40E – 15N,

- 1956: Construction
  - Dalle évidée sur assisses en porte-à-faux
- 1991: Réfection
  - Installation d`une dalle en béton latex 15%

Montréal QC, Boul. métropolitain Bretelle 40E – 15N,
Juin 1991

Montréal QC, Boul. métropolitain Bretelle 40E – 15N,
Dalle en béton modifié au latex (LMC)
Avril 2011

Montréal QC, Boul. métropolitain Bretelle 40E – 15N,
Dalle en béton modifié au latex (LMC)
Avril 2011

Montréal 40E-15N			
Résistance à la compression (Mpa) (CSA 23.2 -14 C)	Chape béton Latex	61,8	(20 ans)
Teneur en air (%) – Béton durci (ASTM C 457)	Chape béton latex	5,4	(20 ans)
	Béton d'origine	N/D	N/D
Distribution du réseau de bulle d'air [L barre (µm)] (ASTM C 457)	Chape béton Latex	224	(20 ans)
	Béton d'origine	-	-
Adhérence – Traction directe (Mpa) (CSA 23.2 - 6 B)		N/D	N/D
Pénétration des ions chlore (Coulombs) (ASTM C 1202 - 09)	Chape béton Latex	105	(20 ans)
Absorption (%) (ASTM C - 642)		0,53	(20 ans)
Vides perméables (%) (ASTM C - 642)		1,85	(20 ans)

Lynnhaven Bridges

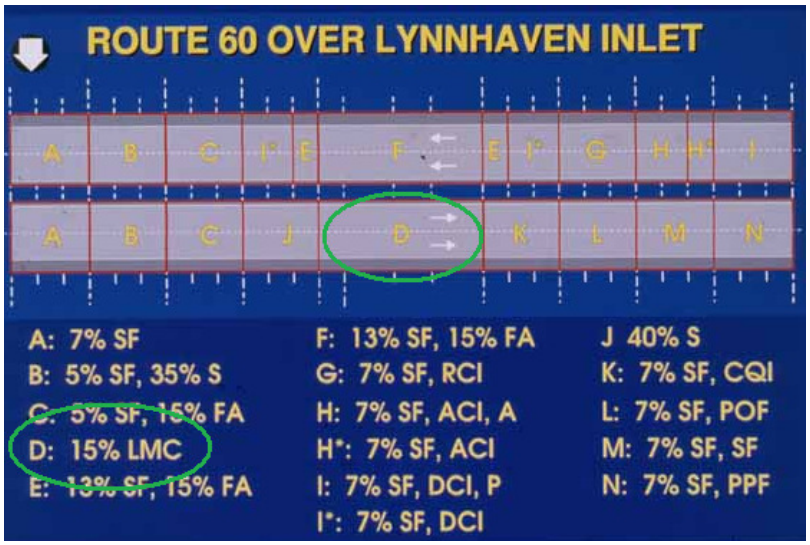
Référence: Michael Sprinkel, Virginia Transportation Research Council

28

Lynnhaven Inlet VA

- En 1996 VDOT:
  - Construction de 16 chapes avec des bétons de hautes performances
  - Utilisation de 13 mélanges de bétons sur 2 ponts de 28 portées sur le route 60 au-dessus de Lynnhaven Inlet à Virginia Beach, VA.
- Les objectifs de ce projet de recherche
  - Valider l'évolution de la performance dans le temps de ces chapes pour l`adhérence, la perméabilité aux ions chlore, la teneur en ions chlore, la résistance au dérapage ainsi que le coût du projet.
- Des essais en chantier ont été réalisés en 1996, 1999 et 2006

Plan View of Alternative Overlays



Référence: Michael Sprinkel, Virginia Transportation Research Council

30

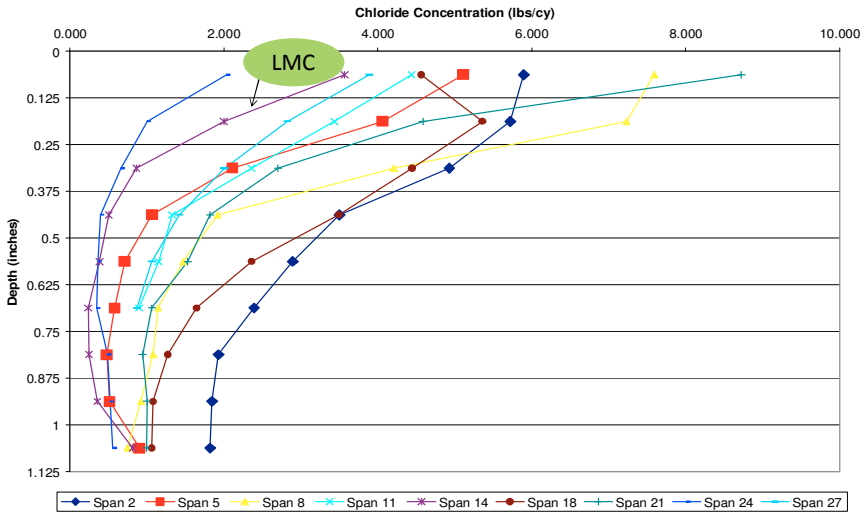
Overlay Protection Rank, Best @ Top

Permeability		Chloride Content		Diffusion Constant	
E2	7%SF	W14	LMC	E14	13%SF, 15%FA
W14	LMC	W24	7%SF, STF	W14	LMC
E11	7%SF, DCI	E5	5%SF, 35%S	E24	7%SF, ACI, A
E14	13%SF, 15%FA	W5	5%SF, 35%S	W21	7%SF, POF
E8	5%SF, 15%FA	E8	5%SF, 15%FA	W24	7%SF, STF
E24	7%SF, ACI, A	E14	13%SF, 15%FA	W5	5%SF, 35%S
E18	7%SF, DCI	E2	7%SF	E5	5%SF, 35%S
E27	7%SF, DCI, P	E24	7%SF, ACI, A	E8	5%SF, 15%FA
E5	5%SF, 35%S	W27	7%SF, PPF	W8	5%SF, 15%FA

Référence: Michael Sprinkel, Virginia Transportation Research Council

31

Overlay Chloride Ion Profiles, WBL



Référence: Michael Sprinkel, Virginia Transportation Research Council

32

Résultats

Route 60 Lynnhaven Inlet VA			
Résistance à la compression (Mpa) (ASTM C 39)	Chape béton Latex	N/D	N/D
Teneur en air (%) – Béton durci (ASTM C 457)	Chape béton latex	N/D	N/D
	Béton d'origine	N/D	N/D
Distribution du réseau de bulle d'air [L barre (µm)] (ASTM C 457)	Chape béton Latex	N/D	N/D
	Béton d'origine	N/D	N/D
Adhérence – Traction directe (Mpa)		1,8 2,4 1,9	10 mois 3 ans 10 ans
Pénétration des ions chlores (Coulombs) (ASTM C 1202 - 09)	Chape béton Latex	703 333 230	10 mois 3 ans 10 ans

Référence: Michael Sprinkel, Virginia Transportation Research Council

I 85 HRWR Overlay Placed in 1977

Concrete failed ASTM C666

Overlay in excellent condition in 2009

Référence: Michael Sprinkel, Virginia Transportation Research Council

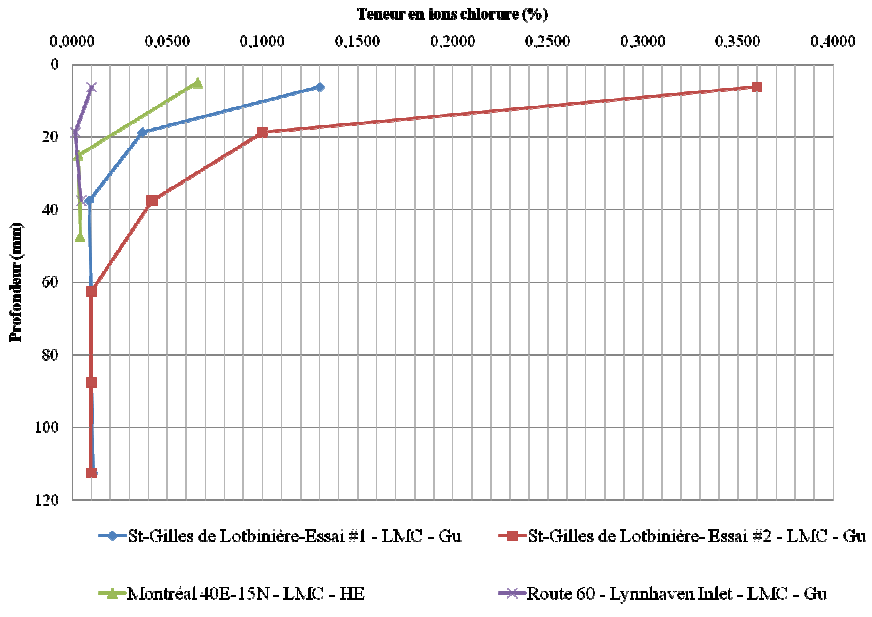
I 85 VDOT A4 Concrete Overlay Placed in 1977 Concrete passed ASTM C666 Overlay in fair condition in 2009

Référence: Michael Sprinkel, Virginia Transportation Research Council

Résumé

	Gatineau	St-Gilles de Lotbinière	Montreal 40E-15N	Route 60 Lynnhaven Inlet VA
Résistance à la compression (Mpa) (CSA 23.2 -14 C)	62,2 (25 ans)	53,9 (23 ans)	61,8 (20 ans)	N/D
Teneur en air – Béton durci (%) (ASTM C 457)	2,0 (25 ans)	7,2 (23 ans)	5,4 (20 ans)	N/D
Distribution du réseau de bulle d'air [L barre (µm)] (ASTM C 457)	676 (25 ans)	394 (23 ans)	224 (20 ans)	N/D
Adhérence – Traction directe (Mpa) (CSA 23.2 - 6 B)	2,3 (5 ans) 1,7 (25 ans)	1,24 (23 ans)	N/D	1,8 (10 mois) 2,4 (3 ans) 1,9 (10 ans)
Pénétration des ions chlore (Coulombs) (ASTM C 1202 09)	172 (25 ans)	154 (23 ans)	105 (20 ans)	703 (10 mois) 333 (3 ans) 130 (10 ans)

	Gatineau	St-Gilles de Lotbinière			Montreal 40E-15N		Route 60 Lynnhaven Inlet VA	
		Profondeur (mm)	Essai #1 (% m.B)	Essai #2 (%m.B)	Profondeur (mm)	(%m.B)	Profondeur (mm)	(%m.B)
Teneur en ions chlore (AASHTO T260)	N/D	0- 12,5 12,5- 25 25- 50 50- 75 75- 100 100- 125	0,1300 0,0370 0,0090 0,0100 0,0100 0,0110	0,3600 0,1000 0,0420 0,0100 0,0100 0,0100	0-10 20-30 45-55	0.0659 0.0033 0.0042	0- 12,5 12,5-25 25- 50	0.1050 0,0210 0,0410
Absorption (%) (ASTM C 642)	N/D	1,0			0,53		N/D	
Vides perméables (%) (ASTM C 642)	N/D	5,3			1,85		N/D	
Source	BMQ (QUALITAS)	MTQ			BMQ (LVM)		VTRC	



Conclusions

- Solution prioritaire pour développement durable.
- Prolonge la vie utile d`un tablier de pont pour 25 ans et plus.
- Économique et écologique à long terme.
- Excellente résistance à la pénétration aux ions de chlore.
- Excellente adhérence du LMC au béton d'origine.

Références

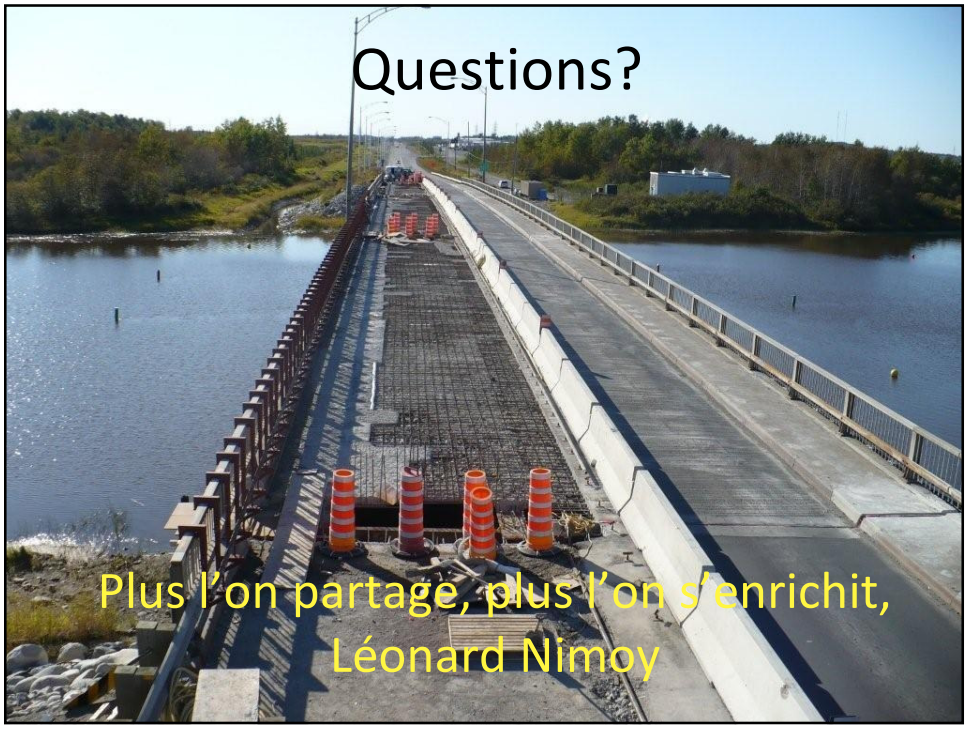
• ACNOR A23.1 et 23.2
• American Concrete Institute, 548.3R-09: *Report on Polymer-Modified Concrete*
• American Concrete Institute, 548.4-10: *Standard Specification for Latex-Modified Concrete (LMC) Overlays (Reapproved 2010)*
• AmericanConcrete Institute, ACI 546.R-04: *Concrete Repair Guide*
• Bertrand, Jacques,. *History and case studies of latex modified concrete (LMC)* in USA and Quebec. American Concrete Institute. Section du Québec et de l'est de l'Ontario. Progress in concrete seminar, December 2, 2009, Montreal QC
• *Bertr*and, J. and Dubé, G. *Béton au latex pour la réfection du tablier du pont Édouard Paré à Amos.* .American Concrete Institute. Section du Québec et de l'est de l'Ontario. Colloque du 23 avril 2009 sur les bétons spéciaux. Université Laval Québec
• Federal Highway Administration, FHWA RD-78-35: *Styrene-Butadiene Latex-Modifiers for Bridge Deck Overlays*
•International Concrete Repair Institute, ICRI-R310.2: *Selecting and Specifying Concrete Surface Preparation for Sealers, Coatings, and Polymer Overlays (formerly No. 03732),1997*

Références

- Sprinkel, M.M, *Condition of Concrete Overlays on Route 60 over Lynnhaven Inlet after 10 Years*, VTRC 09-R13, Virginia Transportation Research Council, Charlottesville , Virginia, 2009
- Sprinkel, M.M. *Performance Specification for High Performance Concrete Overlays on Bridges.* VTRC 05-12. Virginia Transportation Research council, Charlottesville, 2005
- Sprinkel, M.M., *A Short History of Latex Modified Concrete for Bridge Repairs,* American Concrete Institute. Section du Québec et de l'est de l'Ontario. Progress in *concrete seminar*, December 2, 2009, Montréal, QC
- Sprinkel,M.M. *High Performance Concrete Overlays for Bridges*. Proceedings of the Prestressed Institute Convention/ National Bridge Conference/ Federal Highways Administration Symposium on High Performance Concrete. Orlando FL October 12-13, 2003. Portland Cement Association, Skokie, Ill.
- Transports Quebec. Norme 3101. *Béton de masse volumique normale*
- Virginia Department of Transportation. *Road and Bridge Specifications*. Richmond 2007

Remerciements

- Virginia Department of Transportation
- Michael Sprinkel,Virginia Transportation Research Council
- TPSGC - Travaux publics & services gouvernementaux Canada
- Transports Québec
- Qualitas
- LVM
- L`équipe BMQ


Questions?
Plus l'on partage, plus l'on s'enrichit,
Léonard Nimoy