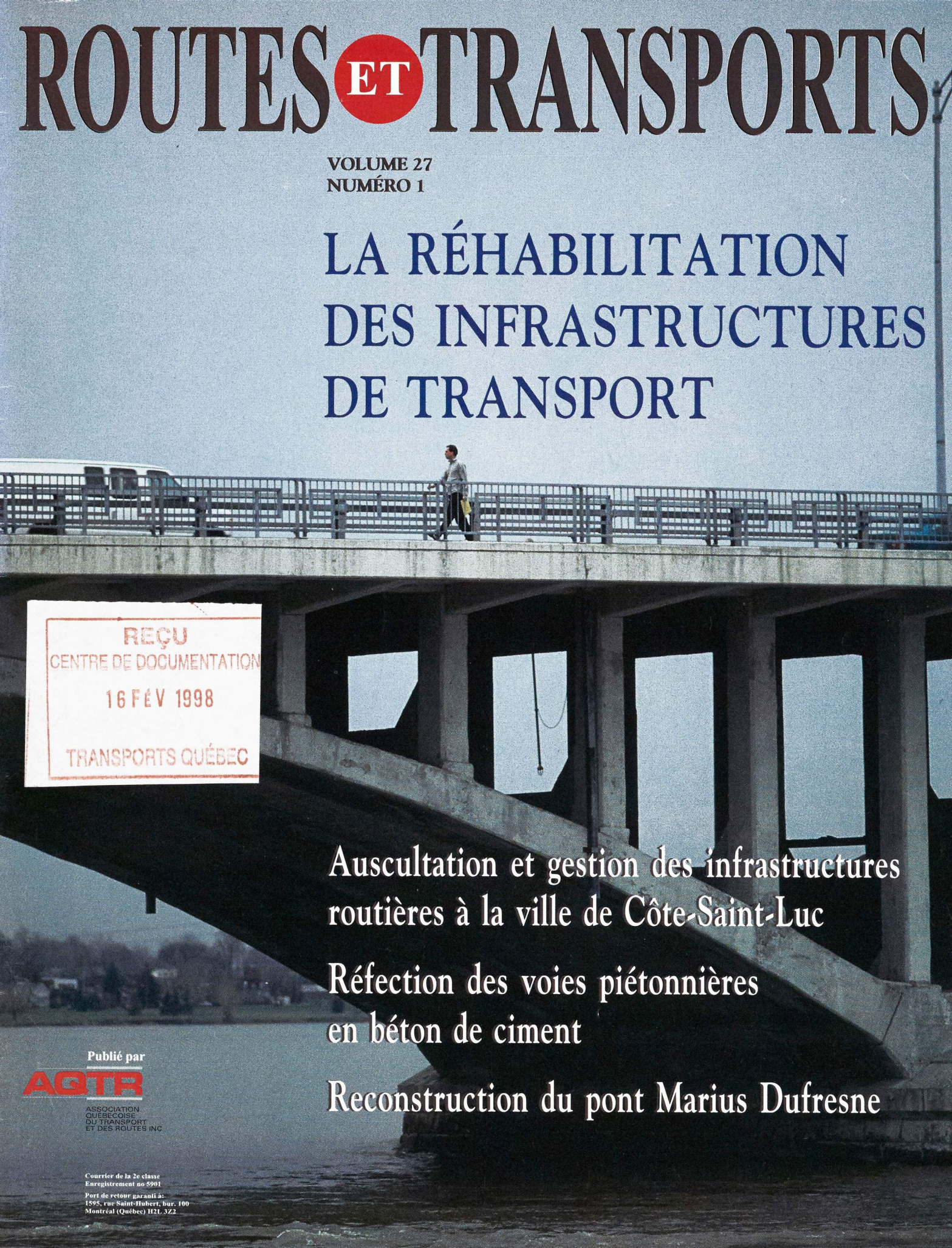
ROUTES ET TRANSPORTS

VOLUME 27
NUMÉRO 1

LA RÉHABILITATION DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT



REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
16 FÉV 1998
TRANSPORTS QUÉBEC

Auscultation et gestion des infrastructures routières à la ville de Côte-Saint-Luc

Réfection des voies piétonnières en béton de ciment

Reconstruction du pont Marius Dufresne

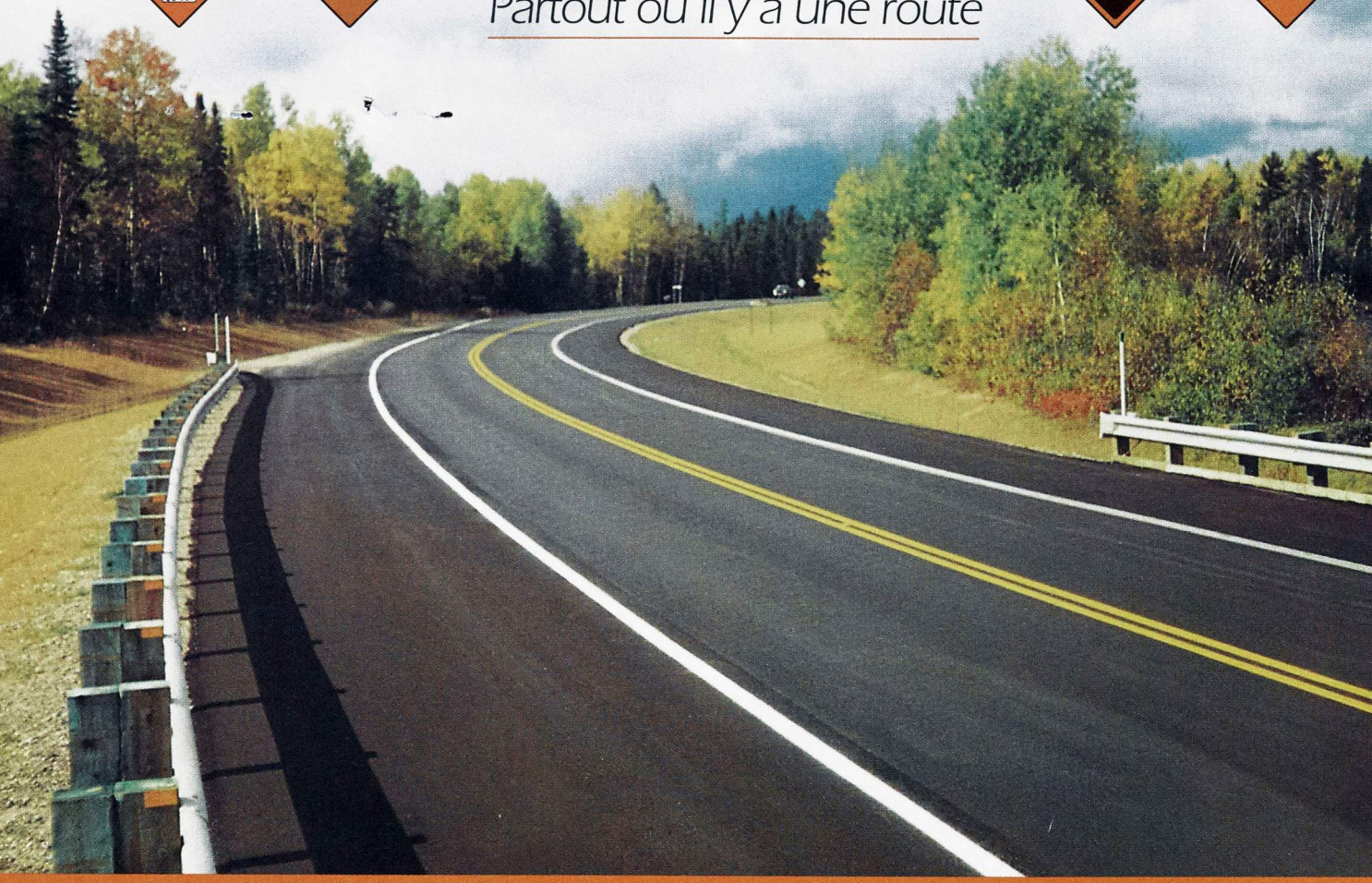
Publié par
AQTR
ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DU TRANSPORT ET DES ROUTES INC

Courrier de la 2e classe
Enregistrement no 5901

Port de retour garanti à:
1595, rue Saint-Hubert, bur. 100
Montréal (Québec) H2L 3Z2

sintra
INC.

Partout où il y a une route



TECHNOLOGIE ET PERFORMANCE

LA RÉFECTION ROUTIÈRE :
DES SOLUTIONS ÉCONOMIQUES PAR DES EXPERTS CHEVRONNÉS

TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL
- AQUEDUCS ET ÉGOUTS
- ASSAINISSEMENT DES EAUX
- CONCASSAGE
- TERRASSEMENT
- INFRASTRUCTURES

CONSTRUCTION ROUTIÈRE
- PAVAGE
- PULVÉRISATION
- RÉUTILISATION DES ANCIENNES CHAUSSÉES
- SCARIFICATION À FROID
- THERMORÉGÉNÉRATION
- TRAITEMENT DE SURFACE

VENTE
- AGRÉGATS
- PIERRE CONCASSÉE
- BÉTON BITUMINEUX
- BÉTON PRÉPARÉ
- LIANTS ET ÉMULSIONS
- LOCATION D'ÉQUIPEMENT

SIÈGE SOCIAL : 4984, Place de la Savane, Montréal H4P 2M9 Tél. : (514) 341-5331 Fax : (514) 341-3915

ABITIBI-TÉMISCAMINGUE
(A. LAMOTHE)
1100, ave Larivière
Rouyn-Noranda, J9X 4K8
Tél. : (819) 762-6505
Fax : (819) 762-6508

APPALACHES-GASPÉSIE
(Construction B.M.L.)
105, rue L.P. Lebrun, C.P. 1044
Rivière-du-Loup, G5R 4C3
Tél. : (418) 862-0000
Fax : (418) 862-1014

CENTRE DU QUÉBEC
911, rue Mathieu
N.D. Bon-Conseil,
J0C 1A0
Tél. : (819) 336-2666
Fax : (819) 336-2953

ESTRIE
3600, Chemin Dunant
Ascot, J1N 3B7
Tél. : (819) 569-6333
Fax : (819) 566-7599

LANAUDIÈRE
499, rue Forest
St-Paul-de-Joliette,
J0K 3E0
Tél. : (514) 759-8071
Fax : (514) 759-2480

LAVAL-LAURENTIDES
26, rue Saulnier
Laval, H7M 1S8
Tél. : (514) 629-3533
Fax : (514) 629-3549

MONTÉRÉGIE
101, rue Sintra
St-Alphonse de Granby,
J0E 2A0
Tél. : (514) 378-9857
Fax : (514) 378-8381

MONTRÉAL-OUTAOUAIS
7, Rang St-Régis
St-Isidore, J0L 2A0
Tél. : (514) 638-0172
Fax : (514) 638-2909

QUÉBEC-BEAUCE
(Construction B.M.L.)
678, rue Commerciale
St-Jean-Chrysostome,
G6Z 2L5
Tél. : (418) 839-4175
Fax : (418) 839-8712

RICHELIEU
290, Mgr. Desranleau
Sorel, J3P 5N6
Tél. : (514) 742-5993
Fax : (514) 742-5180

FRANROC
Traitement de surface
(Pavage économique)

STEB
Liants bitumineux
7905, avenue Duplessis
St-Hyacinthe J2S 8B1
Tél.: (514) 796-2691
Fax : (514) 796-4302

SOMMAIRE

4 ÉDITORIAL ● Denis Demers

6 **Auscultation et gestion des infrastructures routières à la ville de Côte-Saint-Luc** — Gabriel J. Assaf, Anthony-David Fantini, Stéphan Doré, Martin Groleau

10 **Réfection des voies piétonnières en béton de ciment** — Hugo Lemay, Paul Renaud (principaux auteurs)

19 **Le recyclage à froid in situ : Une bonne solution pour les chaussées dont le pavage est fatigué et fissuré** — Paul Favretti

28 **Reconstruction du pont Marius Dufresne Minimiser les inconvénients par les communications** — Line Lecomte

31 **La rénovation du réseau de métro initial de la STCUM** — Claude Berthiaume, Marc Bélanger

35 **Une approche intégrée et graphique pour la réhabilitation des chaussées** — Claude E. Bruxelle, Sylvain Boudreau, Gabriel J. Assaf

42 INDEX DES ARTICLES DES QUATRE DERNIERS NUMÉROS

Direction
Gérard Chagnon, Marie Josée Huot.

Comité de direction
Daniel Bergeron, Paul Favretti, Raynald Ledoux, Sylvain Sauvé, Pierre Trottier, Alain Trudeau.

Collaborateurs
Gabriel J. Assaf, Marc Bélanger , Claude Berthiaume, Sylvain Boudreau, Claude E. Bruxelle, Stéphan Doré, Anthony-David Fantini, Paul Favretti, Martin Groleau, Line Lecomte, Hugo Lemay, Paul Renaud.

Direction artistique
Lucie Chamberland

Orientation
Publiée quatre fois l'an, la revue *ROUTES ET TRANSPORTS* s'adresse à tous ceux intéressés par le domaine du transport, tant professionnels que profanes. Sa liste de distribution comprend des représentants des autorités gouvernementales, paragouvernementales, municipales, des bibliothèques, des institutions d'enseignement et des revues spécialisées, de même que tous les membres de l'A.Q.T.R.

Les opinions exprimées dans la revue *ROUTES ET TRANSPORTS* n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les positions de l'Association québécoise du transport et des routes inc.

Tous les articles de *ROUTES ET TRANSPORTS* peuvent être reproduits sans autorisation, à condition d'en mentionner la source et de faire parvenir un exemplaire de la publication au secrétariat de l'Association québécoise du transport et des routes inc.

Abonnement
La cotisation annuelle inclut l'abonnement à la revue. L'abonnement annuel est de 50$ pour le Canada et de 60$ pour les autres pays. Les anciens numéros disponibles sont vendus au prix de 15$ chacun. Prière de s'adresser au secrétariat.

Éditeur
Le directeur général de l'A.Q.T.R.
1595, rue Saint-Hubert
Bureau 100
Montréal (Québec) H2L 3Z2
Téléphone: (514) 523-6444
Télécopieur: (514) 523-2666
Adresse électronique :
aqtr@mlink.net
Port de retour garanti

Imprimerie
Publications 9417

Indexée par Repère

Dépot légal-Premier trimestre,1998
Bibliothèque nationale du Québec

ISSN 0319-3780

ENVOI DE PUBLICATION
Enregistrement no 5901

Photo de la page couverture :
Yves Provencher

ÉDITORIAL

La réhabilitation des infrastructures de transport

par Denis Demers



La décennie 80 a marqué la fin de l'ère des investissements massifs dans la construction des infrastructures publiques. Ce mouvement de recul face aux grands travaux arrive avec la fin du programme d'assainissement des eaux, avec la mise en veilleuse des méga projets hydroélectriques et avec l'arrêt de l'expansion du réseau autoroutier québécois.

Cette pause que l'on pourrait même qualifier de crise, provoquée par l'essoufflement des finances publiques, correspond heureusement avec la diminution des besoins pressants. Elle nous permet de constater que l'on doit préserver les acquis en priorisant les programmes de réhabilitation, tout en favorisant la recherche de solutions adaptées aux besoins réels, c'est-à-dire de poser un diagnostic précis et disposer de la méthode de réhabilitation optimale pour chaque cas particulier.

Recherche de solutions adaptées aux besoins réels

Dans le domaine des chaussées, la qualité recherchée passe par la prise en considération de tous les éléments d'un projet :

1- La composition du trafic à desservir;

2- Les données climatiques et le drainage;

3- La variabilité des sols d'infrastructure et des matériaux de construction;

4- Les caractéristiques et le rôle spécifique de chaque matériau composant la chaussée;

5- La présence de conduites enfouies.

Pour ce faire, le concepteur doit avoir une bonne compréhension des différentes forces qui s'opposent et de leur comportement au fil des saisons. Il doit aussi avoir une bonne connaissance du milieu et posséder un inventaire complet des conditions présentes et futures. Finalement, il ne doit rien laisser au hasard et inclure tous les éléments de solution aux plans et devis. Comme les conditions réelles d'exécution ne sont souvent connues avec certitude qu'au moment où l'on excave une chaussée ou que l'on démolit une dalle, le personnel de chantier doit posséder l'expertise voulue pour adapter les solutions prévues, ou à tout le moins consulter le concepteur.

Dans les faits, quel que soit le nombre de sondages que l'on effectue, ou l'appareil de relevé en continue que l'on utilise, on constate, projet après projet, que les données réflètent une image ponctuelle ou souvent déformée des conditions réelles. Les gestionnaires de chantier de réhabilitation doivent donc avoir la souplesse

Denis Demers, ing. M.Ing.
administrateur délégué à la direction infrastructure de l'AQTR

administrative et les outils requis pour pouvoir réagir promptement aux changements rencontrés.

Pour atteindre la qualité

Il va sans dire que la pratique traditionnelle d'octroi de contrat au plus bas soumissionnaire, dans le cadre de plans et devis rigides, préparés avec des données peu fiables et réalisés avec un budget fermé selon des règles administratives qui favorisent des objectifs à court terme, n'est pas de nature à atteindre la qualité. Elle ne sert qu'à trouver des coupables ou à jeter de la poudre aux yeux.

Que dire des projets planifiés par des politicien-concepteurs qui consistent à poser une couche de surface sur une rue sans fondation, où l'on se félicite pendant six mois du beau résultat obtenu à peu de frais? On évite cependant de faire un suivi quelconque et le même scénario se répète année après année.

Cette vision peut paraître pessimiste mais elle est, je l'espère, le reflet d'une époque maintenant révolue. Depuis quelques années, les universités québécoises ont créé des programmes de recherche et de formation en infrastructures routières, plus particulièrement dans le domaine du drainage des chaussées et au niveau de la connaissance des phénomènes de gel et dégel. De plus, le transfert technologique et les programmes SHRP et C-SHRP ont mené à une évolution considérable visant l'amélioration des bitumes et des enrobés bitumineux.

La formation et la recherche

Collectivement, et sous l'instigation de l'AQTR, nous avons compris que la qualité passe obligatoirement par la compétence et conséquemment, par la formation et la recherche.

En parallèle, le ministère des Transports du Québec et certaine municipalités ont adopté des programmes visant à favoriser le transfert technologique et le suivie du comportement des nouvelles techniques. Ils ont d'ailleurs été appuyés dans ce sens par le volet III du programme Canada-Québec pour les travaux d'infrastructures.

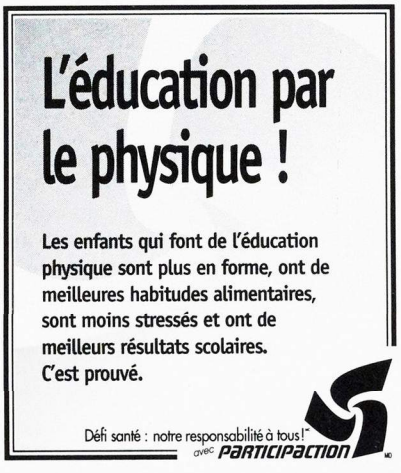
Nous sommes toutefois toujours confrontés à des problèmes de taille. Le territoire du Québec est vaste, les matériaux et les techniques de construction évoluent à un rythme essoufflant pour les ingénieurs aux prises avec la solution de problèmes quotidiens, et la connaissance est toujours concentrée dans les grands centres universitaires et urbains souvent difficiles d'accès pour ceux qui oeuvrent en région.

Certains en profitent, et comme le dit le dicton « là où il y a de l'homme, il y a de l'hommerie». On se doit d'être sur ses gardes et de demeurer cirtiques et sceptiques face aux promoteurs qui offrent des solutions miracles à l'application universelle, avec une assurance déconcertante, parfois proportionnelle à leur ignorance et à leur appétit pour le gain.

Pour éviter ces pièges, on s'oriente de plus en plus vers l'octroi de contrats de performance, où la réalisation des travaux est assujettie à un niveau de services minimal et à l'entretien des ouvrages pendant une certaine période de temps. Il s'agit là d'une méthode efficace pour réunir à une même table les chercheurs, les concepteurs et les entrepreneurs de manière à trouver les solutions qui offrent le meilleur rendement à moyen et à long termes. Les donneurs d'ouvrage, quant à eux, se doivent de fixer des objectifs réalistes. Les techniques expérimentales doivent aussi être encouragées en les identifiant et en les acceptant comme telles.

Devant cette effervescence, un organisme neutre comme l'AQTR, qui regroupe des représentatns de tous les milieux, doit de plus en plus être le pivot autour duquel s'orienteront le transfert technologique, la formation, la recherche, la diffusion et les échanges entre les différents partenaires des infrastructures. La revue *Routes et Transports*, avec ce numéro axé sur la réhabilitation des infrastructures, se doit de remplir ce rôle en étant suffisamment accessible aux intervenants de tous les niveaux et en lui assurant une diffusion adéquate.





AUSCULTATION ET GESTION DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES À LA VILLE DE CÔTE-SAINT-LUC

par Gabriel J. Assaf,
Anthony-David Fantini,
Stéphan Doré, Martin Groleau

Les responsables des infrastructures routières dans une municipalité doivent aujourd'hui, plus que jamais, justifier toutes les dépenses d'entretien et de la réhabilitation des chaussées. À la fin de 1994, la Cité Côte-Saint-Luc s'est dôtée d'un système-expert afin de faciliter la prise de décision concernant ses infrastructures routières. Ce système est adapté aux réalités de la municipalité et permet de modéliser des comportements de diverses conceptions structurales, de choix de matériaux et permet aussi de déboucher sur des méthodes d'auscultation détaillées. Le système AGIR (Auscultation et Gestion des Infrastructure Routières) a été adapté aux besoins du Service du Génie de la Cité de Côte-Saint-Luc et peut être mis à jour facilement tout au long de la durée de vie du réseau routier.

Gabriel J. Assaf, ing., École de Technologie Supérieure
Anthony-David Fantini, ing., Cité de Côte Saint-Luc
Stéphan Doré, ing., Groupe Conseil GIE
Martin Groleau, B.ing., Groupe Conseil GIE

Contexte

Un des traits qui marque notre période plus que toutes les autres est la nécessité pour tous les intervenants de travailler en étroite collaboration pour assurer un développement économique, social et politique auquel tous aspirent accéder.

Dans cette démarche, la route constitue un instrument privilégié par l'impact qu'elle a sur l'enrichissement, la vie économique, sociale et culturelle et la qualité de vie des municipalités, qu'elles soient à caractère résidentiel, commercial, industriel ou mixte, par le transport de personnes, marchandises, produits finis, semi-finis et autres.

Face à la conjoncture économique difficile actuellement et à la décentralisation des responsabilités, l'ampleur des moyens nécessaires à la remise en état des réseaux routiers municipaux conduit les autorités politiques et les responsables financiers au niveau municipal, à s'interroger sur le bien-fondé économique, social et politique de telles dépenses.

Comment apprécier de façon optimale les moyens nécessaires à la sauvegarde du patrimoine routier ? Comment se convaincre et justifier politiquement l'importance de cette action ?

Les raisons qui justifient l'entretien et la réhabilitation (E&R) des chaussées sont

multiples; elles répondent à des impératifs socio-économiques et à des nécessités techniques.

Solution adoptée par la ville de Côte-Saint-Luc

La Cité de Côte Saint-Luc a réalisé au milieu des années 80 la nécessité de procéder à la revitalisation de ses infrastructures municipales. Comme pour plusieurs autres municipalités, le défi était grand car des investissements importants étaient nécessaires.

Le programme élaboré par la Cité de Côte-Saint-Luc a débuté à l'été 1990 et s'est terminé en 1994; $22 millions ont été investis et environ 55% du réseau routier a été reconstruit ou rénové. En 1994, la Cité de Côte Saint-Luc a fait adopter un règlement pour imposer un moratoire dans lequel il est précisé qu'aucune coupe ou excavation ne sera acceptée dans les rues concernées. Les compagnies d'utilité publique ont réagi positivement à cette politique et elles ont collaboré avec la Cité pour résoudre les problèmes éventuels.

À la fin de 1994, la Cité de Côte Saint-Luc a ressenti le besoin de se doter d'un système-expert qui faciliterait la prise de décision. Ce système concernerait la procédure de sélection des rues nécessitant une intervention et l'établissement des méthodes d'intervention. Il aiderait, plus particulièrement, à prédire le comportement de l'intervention choisie à court, moyen et long terme, en considérant tous les paramètres possibles et les contraintes quant à l'étendue et surtout au coût budgétaire de chaque projet d'intervention.

La définition et la mise en oeuvre d'une politique et de priorités rationnelles et cohérentes permettraient de justifier les dépenses nécessaires à chaque type d'intervention.

Cette approche nécessite de recueillir les informations relatives à l'état des chaussées et leur évolution à long terme, les causes de leur détérioration ainsi que les stratégies d'entretien les plus appropriées techniquement, économiquement et socialement.

Présentation du système expert adopté

C'est dans cette perspective réfléchie et portant à long terme, que le système AGIR (Auscultation et Gestion des Infrastructures Routières) a été adapté aux besoins du Service du Génie de la Cité de Côte Saint-Luc. Ces derniers sont:

- la constitution d'une base de données sur le réseau routier;

- l'appréciation de l'état actuel et des besoins (E&R) immédiats du réseau;

- la modélisation du comportement ou de l'évolution de l'état de la surface dans le temps au niveau de chaque sous-réseau de sections semblables du réseau routier;

- l'identification des essais rationalisés à réaliser selon des diagnostics établis sur la confirmation des causes de détérioration du réseau routier;

- l'élaboration de programmes d'interventions annuels établissant par ordre de priorité les sections nécessitant une intervention, basée sur des critères rationnels et une information éclairée;

- les recommandations des traitements d'entretien et de réhabilitation les plus économiques à long terme, et techniquement appropriés en fonction de l'état de la surface, du confort et de l'aptitude structurale de chaque chaussée déficiente;

- la justification des budgets requis pour une préservation économique du réseau routier;

- l'évaluation de l'impact de budgets d'entretien plus ou moins élevés sur la qualité et les besoins (E&R) futurs du réseau routier;

- l'estimation de l'état et des besoins (E&R) futurs pour toute politique budgétaire d'attribution des fonds;

- la détermination des conséquences, découlant des remises à plus tard des travaux ponctuels d'entretien et de réhabilitation;

- l'estimation des budgets futurs requis pour un niveau de service adéquat en termes de défauts de surface et de confort des usagers;

- la justification technique et économique des décisions, la priorisation des interventions et l'optimisation des dépenses afin de fournir beaucoup plus avec moins.

L'intérêt de ce développement est qu'il se base sur des informations et des modèles de comportement développés sur le réseau de chaussées de la Cité de Côte Saint-Luc et non pas sur des modèles développés dans des conditions particulières et difficilement transférables tels les modèles de l'AASHO ou autres.

Ce système a débouché sur des modèles de comportement de diverses conceptions structurales et de choix de matériaux ainsi que sur des méthodes d'auscultation détaillées adaptées aux conditions très spécifiques de la municipalité.

Les modèles de dégradation des chaussées basés sur l'observation réelle du comportement in-situ sont essentiels pour évaluer les conséquences de diverses options de conception et de réhabilitation futures. Ainsi, plusieurs modèles ont été publiés dans la littérature, la plupart demeurent cependant largement axés sur le trafic, et quoique

certains intègrent des paramètres climatiques, peu de modèles pratiques s'articulent explicitement sur les causes spécifiques de détérioration. En général, les modèles développés fournissent des représentations mathématiques agrégées de l'effet cumulé de plusieurs processus de détérioration. Dans cette démarche, on prédit, à l'aide du même modèle, l'état futur de deux sections subissant deux mécanismes de détérioration distincts. Cette approche traditionnelle est aujourd'hui remise en question; de plus en plus de modèles sont développés sur des sections ayant des caractéristiques similaires. En somme, il est illogique de prévoir l'état futur d'une chaussée en négligeant la cause de sa détérioration. La raison principale pour laquelle la cause de détérioration n'a pas été associée dans le passé aux modèles de dégradation, résulte de la structure dichotomique de la gestion des chaussées qui s'adresse aux échelles projet et réseau.

La gestion des chaussées à l'échelle projet repose sur des données spécifiques à une section pour fournir des indications sur son état et ses besoins futurs. Elle demeure peu pratique sinon limitée car les données sur l'évolution de l'état d'une section sont rarement disponibles. Quant à la gestion des chaussées à l'échelle réseau, elle repose sur les données de tout le réseau, intégrant l'évolution de toutes les sections indépendamment des diverses causes de détérioration en jeu.

Face à la limite des échelles réseau et projet pour assurer une modélisation réfléchie et pratique des dégradations, le compromis de l'approche des familles ou des sous-réseaux est choisi. Il permet de développer un modèle pour chaque ensemble de sections ayant globalement, ou à peu près, les mêmes caractéristiques statiques, qui affectent la détérioration, i.e. épaisseurs, trafic, sol, et autres paramètres indépendants du temps.

Il est alors naturel d'affirmer que ces sections quasiment identiques quant aux paramètres de constitution, d'agression et de sol et regroupées ensemble indépendamment de leur âge, se dégraderont de la même façon, selon les mêmes causes de détérioration.

Ce regroupement en sous-réseaux permet également de prévoir l'état futur des jeunes sections en les comparant à des sections similaires plus âgées mais de même famille ou sous-réseau et se dégradant suite aux mêmes causes de détérioration.

Caractéristiques de la méthodologie utilisée

L'approche méthodologique repose sur les trois points suivants.

(A) un algorithme de typologie multidimensionnel qui permet de regrouper ensemble les sections similaires en sous-réseaux, selon les paramètres statiques qui régissent la détérioration tels que le trafic, les propriétés et les caractéristiques des structures et des sols.

(B) un algorithme bayésien et discriminant qui:

1) associe a priori une cause technique de détérioration à chaque sous-réseau ou famille renfermant des sections similaires sur la base de la combinaison des défauts observés;

2) oriente conséquemment le choix rationalisé des essais selon une procédure d'échantillonage et,

3) confirme a posteriori la cause de détérioration de chaque sous-réseau par l'analyse des résultats des essais, à savoir l'identification des conditions particulières des paramètres d'essai qui donnent lieu à la présence ou à l'absence des dégradations.

(C) un algorithme qui génère des modèles de dégradation pour chaque sous-réseau associé à une ou plusieurs causes spécifiques de détérioration. Ces modèles prévoient le comportement futur de chaque section pour divers scénarios d'intervention, sans qu'aucun relevé passé, opinion subjective ou classification arbitraire ne soient requis. Ils comparent l'état des jeunes sections à celui des sections plus âgées de mêmes caractéristiques ou sous-réseau.

Il en découle une connaissance de l'évolution de chaque section du réseau et par conséquent des conditions particulières qui feront qu'une telle section se dégradera, du moment où elle se dégradera vite et des stratégies optimales de préservation.

La confirmation du diagnostic repose sur des données complémentaires relatives aux propriétés du revêtement, de la structure ou du sol. Au niveau de chaque sous-réseau, elle se base sur la caractérisation des sections dégradées par l'analyse discriminante. Cet outil permet d'isoler les caractéristiques des résultats d'essais différenciant les sections en bon état de celles en mauvais état au sein d'une même famille. L'analyse de la cause permet donc d'identifier la combinaison de conditions caractéristiques et propriétés particulières à la structure de la chaussée, son type de surface et le sol qui font qu'une chaussée.

L'identification au niveau de chacun des sous-réseaux générés par la première procédure de classification, des variables qui régissent leur détérioration, des valeurs ou intervalles limites à partir desquelles une combinaison de ces variables donne lieu à une chaussée en bon état ou en mauvais état, permet de

comprendre les raisons physiques qui contrôlent cette détérioration.

Il en résulte une attribution claire, à chacun de ces sous-réseaux, d'un type particulier de cause de détérioration.

Suite à la classification du réseau et à l'identification des causes de détérioration régissant la dégradation de chaque sous-réseau, l'algorithme génère pour chaque sous-réseau des courbes de prévision de la détérioration, à savoir une relation entre l'évolution de la qualité de la surface et l'âge du revêtement. Ces courbes permettent de prévoir dans un avenir proche le comportement de toute section, de chaque sous-réseau, dans l'éventualité où aucune intervention n'est déclenchée. Le développement de modèles de comportement pour chaque sous-réseau repose sur la compréhension des causes physico-chimiques de détérioration agissant sur chaque classe de chaussées, et s'articule sur une seule cueillette des données sur l'état du réseau. Il en découle une connaissance de l'évolution de chaque section, une identification des sections qui se dégraderont vite, candidates pour une intervention préventive, ainsi que la détermination des conditions optimales exemplaires qui font qu'une section ne se dégrade pas.

Le système AGIR permet à partir d'outils de régression multiple, de modéliser et de prévoir pour chaque sous-réseau pris séparément et avec une seule cueillette de données sur l'état de surface, l'évolution des défauts en fonction de l'âge.

En effet, il convient de souligner que puisque les sections d'un même sous-réseau se comportent de la même façon, il est aisé de les comparer les unes par rapport aux autres, et de tracer une courbe de leur évolution, auxquelles sont associées des intervalles de confiance permettant d'effectuer des estimations fiables.

Conclusion

Ce système répond aux besoins de la Cité de Côte Saint-Luc face à la nécessité déterminée au milieu des années 80 de procéder à la revitalisation de ses infrastructures municipales. Il fallait engager des investissements importants soit $22 millions pour reconstruire ou rénover environ 55% du réseau routier.

Le Groupe Conseil GIE et la Cité de Côte Saint-Luc ont ainsi réussi à batir un système-expert de gestion efficace et économique, qui pourrait facilement être mis à jour tout au long de la durée de vie du réseau routier.

Certifié ISO 9002

INSPEC-SOL INC.

GÉOTECHNIQUE
ENVIRONNEMENT
CONTRÔLE DES MATÉRIAUX
EXPERTISE

4600, boulevard Côte-Vertu, bureau 200
Ville Saint-Laurent (Québec) H4S 1C7
Téléphone : (514) 333-5151
Télécopieur : (514) 333-4674
E-mail : inspecsl@inspecsol.com
http://www.inspecsol.com

RÉFECTION DES VOIES PIÉTONNIÈRES EN BÉTON DE CIMENT

par Hugo Lemay et Paul Renaud
(principaux auteurs)

La Cie de Pavage d'Asphalte Beaver, La Ville de Québec et la Chaire industrielle sur le béton projeté et les réparations en béton de l'Université Laval présentent dans ce texte une méthode de travail inédite pour la réfection des voies piétonnières en béton de ciment.

La méthode présentée est une combinaison de différentes techniques éprouvées en réfection de béton de ciment, réunies pour la première fois au Québec, visant à réparer durablement les trottoirs de béton plutôt qu'à les remplacer.

Souvent, les trottoirs détériorés sont tout simplement reconstruits à neufs même si les dommages sont souvent relativement superficiels et que la fondation est saine. Cette intervention "lourde" endommage la rue et les "arrières" (gazon, asphalte, interbloc, etc.) adjacents au trottoir et envoi au rebut du béton encore solide et toute la fondation granulaire. Des matériaux neufs doivent ensuite être apportés pour refaire la fondation, le trottoir et réparer le cours d'eau de la rue et les arrières. Même s'il s'agit d'une routine simple que les entrepreneurs savent exécuter avec célérité, cette façon de faire est souvent disproportionnée par rapport aux dommages à corriger.

La méthode de réparation proposée dans cet article aux propriétaires de trottoir, permet de retrouver le niveau de qualité souhaité sans toucher aux matériaux sains en place et en limitant au minimum l'apport de matériaux neufs. De plus, les deux premières expériences réalisées à la Ville de Québec en 1994 et 1995 donnent à penser que le coût de réparation d'un trottoir serait inférieur d'environ 30% à la reconstruction lorsque la méthode sera bien maîtrisée par les entrepreneurs.

Ce document présente l'enjeu du projet ainsi que les objectifs visés et atteints. La simplicité de la méthode la rend accessible à tous les propriétaires de trottoir qui recherchent une alternative à la reconstruction complète des trottoirs endommagés en surface.

Hugo Lemay, Gérant de projet
Paul Renaud, Gérant recherches & Contrôle de la qualité
La Cie de Pavage d'Asphalte Beaver

Contexte

Les municipalités du Québec consacrent une partie de plus en plus importante de leur budget à la restauration des infrastructures. En effet, un grand nombre d'ouvrages en béton ont été construits pendant le développement urbain rapide des années 60 et 70. Conçues à l'origine pour une durée de vie de 30 à 50 ans, plusieurs de ces structures présentent maintenant un état de vieillissement normal mais qui nécessite une intervention. Par ailleurs, un certain nombre de structures en béton exposées à des conditions sévères (surtout l'application intensive de sels fondants en hiver) se dégradent plus rapidement que prévu, grevant ainsi le budget des municipalités.

Ce vieillissement des infrastructures coïncide avec un contexte de restrictions économiques sans précédent. Il est donc devenu impératif de trouver des méthodes d'interventions efficaces, durables et économiques de façon à optimiser l'utilisation des ressources disponibles. Les réparations, au lieu de la reconstruction à neuf, sont une avenue privilégiée là où la durabilité de l'ouvrage réparé justifie la dépense.

D'autre part, les questions environnementales sont devenues des éléments de décision incontournables. Pour plusieurs municipalités, la réduction du volume de déchets solides devient un impératif puisque les capacités d'enfouissements se réduisent rapidement. On est également plus sensible à la consommation inutile des matériaux neufs.

C'est dans ce contexte que la Ville de Québec s'intéresse depuis quelques années à développer une technique de réparation des trottoirs pour remplacer l'actuelle reconstruction à neuf. La décision de la Ville de devenir "partenaire" de la Chaire industrielle sur le béton projeté et les réparations en béton de l'Université Laval visait à appuyer la recherche et le développement requis pour atteindre cet objectif. Un premier chantier expérimental de réparation des trottoirs a eu lieu en 1994 (phase 1).

Par ailleurs, grâce à ses diverses activités, La Cie de Pavage d'Asphalte Beaver a développé au cours des ans une expertise en hydro-démolition des structures en béton. Convaincue de la qualité supérieure de cette technique et cherchant de nouveaux débouchés, elle a conçu une méthode de réparation superficielle des trottoirs qu'elle a proposée en 1995, à la Ville de Montréal dans le cadre de son programme de réfection basée sur des techniques innovantes.

La Ville de Québec et La Cie de Pavage d'Asphalte Beaver ont mis en commun leurs intérêts pour la réparation de trottoirs au printemps 1995. C'est cette expérience de collaboration qui est relatée ici.

Problématique

Les municipalités ont pour la plupart un programme de réfection de trottoir. Beaucoup de ces trottoirs ont été construits durant les années 60 et 70 et ils se sont dégradés sous l'action combinée des cycles de gel et de dégel, des sels fondants, de la circulation des équipements de déneigement, etc... En plusieurs endroits les trottoirs se retrouvent avec d'importantes fissures et autres dégradations de surface (étape 1).

La technologie du béton de ciment au moment de la construction de ces trottoirs n'était pas ce qu'elle est aujourd'hui. Certains dommages, observés maintenant, auraient pu être évités en utilisant des matériaux appropriés et de bonnes techniques de construction. Le peu d'air entraîné dans le béton, le manque de "mûrissement" adéquat ou l'utilisation de granulats réactifs (causant une fissuration polygonale) expliquent une partie des dommages observés. Cependant, les fondations instables, la sollicitation abusive des trottoirs par les équipements de déneigement, et la circulation des véhicules lourds aux entrées charretières s'ajoutent aux facteurs expliquant la dégradation des trottoirs.

Pour la municipalité, le maintien en état des trottoirs n'est pas uniquement une question d'esthétique. En effet, un trottoir endommagé peut être à l'origine de blessures et éventuellement de poursuites judiciaires contre la Ville. Des trottoirs en mauvais état causent aussi des bris de machinerie lors du déneigement. Bien que les trottoirs soient un élément peu prestigieux des infrastructures urbaines, le public (les touristes comme les résidents) remarque plus le mauvais état des trottoirs que celui des éléments enfouis comme l'aqueduc et l'égout.

La plupart des municipalités du Québec consacrent des sommes significatives à la restauration des trottoirs. Par exemple, à la Ville de Québec, le budget annuel moyen consacré à la réfection de trottoirs depuis 10 ans est d'environ 2,5 M$. La Ville de Québec possède un réseau de plus de 520km de trottoirs et la planification actuelle prévoit qu'il faudra maintenir cet effort financier pendant encore 10 ans pour remplacer toutes les sections en mauvais état et environ 1 M$ additionnel par année pour ceux qui le deviendront à l'avenir.

Par ailleurs, les sites d'enfouissement de déchets solides de la Ville de Québec seront bientôt remplis à capacité. Dans ce contexte, la réduction du volume de déchets de construction est devenu une priorité qui a donné lieu, entre autres, à la mise en place d'un programme de récupération des matériaux.

La volonté de développer une technique de réparation des trottoirs découle d'une constatation toute simple. Souvent, les dommages sont relativement superficiels et la fondation est bien stable car, après 20 ou 30 ans, elle a "pris sa place". Pourquoi donc enlever tout le trottoir et excaver une fondation saine et solide? Ne pourrait-on pas, à la place, enlever seulement la partie endommagée jusqu'à exposer le béton sain sur lequel prendra appui le béton de réparation? Cette approche répond à un double objectif. D'une part, on s'attend à ce que la réparation coûte moins cher que la reconstruction à neuf. D'autre part, la réparation réduit la quantité de déchets solides excavés de 75% à plus de 90% et réduit également la consommation de matériaux neufs.

À la Ville de Québec, l'analyse de la banque de données sur l'état des trottoirs a démontré que ce ne sont pas tous les trottoirs endommagés qui peuvent être réparés. En effet, comme on peut le voir à l'étape 1, certaines sections de trottoirs sont tellement dégradées qu'il est certain que l'on devra reconstruire à neuf. L'idée est plutôt d'avoir une approche modulée où l'action posée est proportionnelle au dommage observé. Ainsi, plutôt que de systématiquement reconstruire, on dispose d'une méthode alternative moins "lourde" et plus économique pour les sections moins détériorées.

De la théorie à la pratique

Design des réparations

La méthode de réparation des trottoirs présentée ici a été mise au point par l'équipe de la Chaire industrielle de l'Université Laval. Elle est très semblable à celle que La Cie de Pavage d'Asphalte Beaver avait proposée à la Ville de Montréal. L'objectif de base du projet est d'obtenir une méthode de réparation simple pouvant être réalisée par le personnel habituel et en utilisant le même mélange de béton prêt-à-l'emploi que celui utilisé pour la reconstruction des trottoirs (32 MPa "à trottoir"). Comme on veut utiliser du béton conventionnel contenant des granulats de 20 mm, la couche de réparation doit avoir une épaisseur minimale qui a été fixée à 50 mm. La figure 1 illustre les deux stratégies possibles selon l'état et le niveau du trottoir.

Choix de la méthode de démolition

À l'automne 1994, la Ville de Québec et la Chaire industrielle avaient réalisé un premier essai de réparation de trottoir sur le rue Saint-Vallier (phase 1). Cet essai avait permis de confirmer que l'enlèvement du béton superficiel à l'aide de marteaux-piqueurs était une méthode lente, bruyante et surtout coûteuse puisque 59% du budget total de l'intervention avait été utilisé pour la seule démolition.

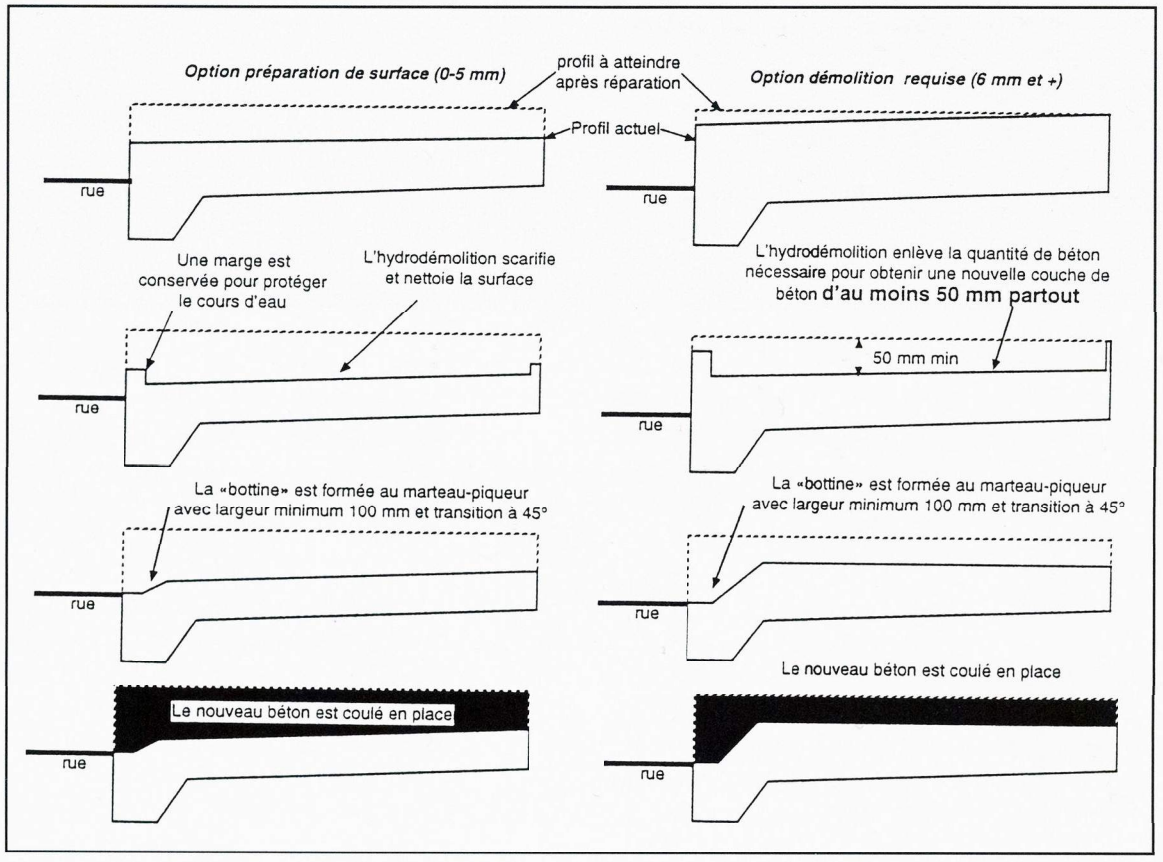


Figure 1
Croquis des deux types de démolition pour les réparations du trottoir

La phase 2, à l'automne 1995, avait pour but d'évaluer la faisabilité de la méthode d'hydro-démolition pour la démolition superficielle des trottoirs devant être réparés. Il est bien établi que l'hydro-démolition est une très bonne technique de préparation de surface pour les réparations en béton mais, jusqu'à maintenant au

Québec, cette méthode est utilisée essentiellement pour les réparations d'envergure sur les dalles de pont (étape 2) ou les dalles de stationnement. La question était donc d'établir si cette méthode efficace à grande échelle pouvait être applicable au contexte municipal.

Au moment de préparer la phase 2, la Ville de Québec a été mise en contact avec La Cie de Pavage d'Asphalte Beaver qui avait développé l'idée d'adapter ces équipements d'hydro-démolition pour l'intervention en milieu municipal. Les services de La Cie de Pavage d'Asphalte Beaver ont été retenus après un appel d'offres.

Choix du site pour l'essai

La section de trottoir choisie pour l'essai devait faire partie des interventions planifiées pour l'année 1995. La Ville de Québec en collaboration avec la Chaire industrielle décida de retenir une section de 122 mètres linéaires localisée du coté Est de la rue Louis-Fréchette, entre les rues Raymond-Casgrain et de Callières. Cette section de trottoir était classée comme "désuète" et devait être reconstruite à neuf avec la méthode traditionnelle vu sa très grande dégradation sur environ 40% de la surface. Plusieurs parties de ce trottoir avaient même été réparées avec de l'enrobé bitumineux (étape 1). Par contre, d'autres parties du trottoir existant étaient détériorées en surface mais solides en dessous, ce qui correspond aux conditions recherchées pour cet essai.

Le fait que l'état de la section choisie alterne de "réparable" à "complètement détérioré" n'est pas la situation idéale mais, dans le cadre d'un projet expérimental, il a été jugé que cela permettait de mieux définir les limites entre ce qui vaut la peine d'être réparé ou non.

Comme illustré à l'étape 1, le niveau du trottoir était très variable, étant trop haut en certains endroits et trop bas à d'autres. Cela a été perçu comme une occasion de mettre à l'essai les deux stratégies illustrées à la figure 1, soit une démolition plus importante aux endroits trop hauts et une simple préparation de surface par hydro-démolition aux endroits trop bas.

Préparation de surface

A l'aide de la technologie de l'hydro-démolition, il fallait préparer la surface selon le croquis de la figure 1. L'hydro-démolition est une technique de démolition sélective; on peut, grâce aux ajustements de l'appareil, choisir la résistance du béton qui restera en place. La section choisie présentait une curiosité puisque le trottoir avait été construit de façon composite; la base du trottoir était fabriquée à partir d'un béton maigre avec gros granulats (jusqu'à 50 mm) et elle était recouverte d'une chape de

---

La procédure par étape

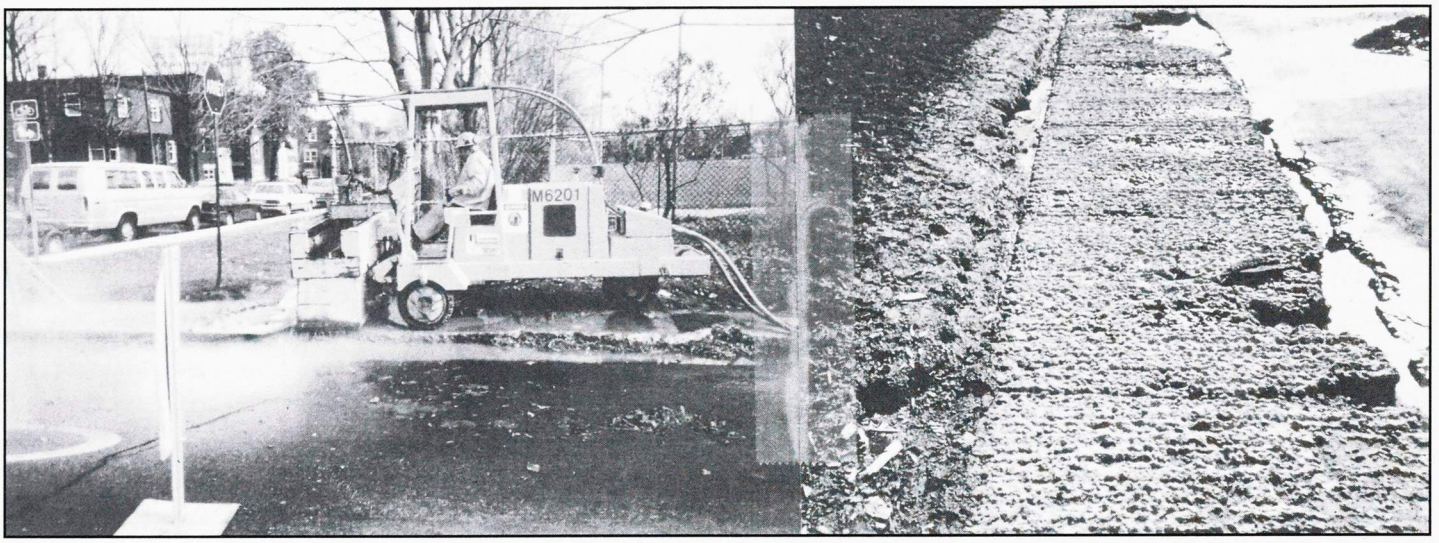
Étape 1 :
Les problèmes







Étape 2 :
Le traitement



mortier, d'environ 30 mm, appliquée pour obtenir la surface finale (technique dite bi-couche).

L'hydro-démolition, de par sa propriété de base de démolition sélective, enlève tous les matériaux non sains ou qui n'ont pas la résistance anticipée et laisse en place les matériaux qui résisteront encore plusieurs années (étape 2).

Une des principales qualités du système de traitement à l'hydro-démolition est d'exposer une surface saine et solide, sans aucune microfissuration résiduelle, parfaitement apte à recevoir le matériau de réparation (béton, mortier etc.) tel qu'illustré à l'étape 2. Par comparaison, la démolition au marteau-piqueur endommage le béton et la surface exposée peut comporter des microfissures qui l'affaiblissent. Il a été démontré à plusieurs reprises qu'un béton traité par hydro-démolition offre une meilleure résistance à l'arrachement du recouvrement que la majorité des autres techniques de préparation de surface. De plus, certaines sources mentionnent que l'hydro-démolition aurait aussi la particularité de déloger les ions chlorures qui s'incrustent dans le béton lors des applications de sels fondants.



Étape 3 :
Le design

Une fois la surface de béton traitée à l'hydro-démolition, le coin du trottoir du coté de la rue a été brisé au marteau-piqueur pour obtenir la "bottine" (étape 3). La "bottine" a pour but de former un bloc de béton solide du coté du trottoir exposé aux chocs tels que ceux causés par les équipements de déneigement. Ce détail de conception vise à éviter l'arrachement de la chape de nouveau béton, particulièrement lors des opérations de déneigement.

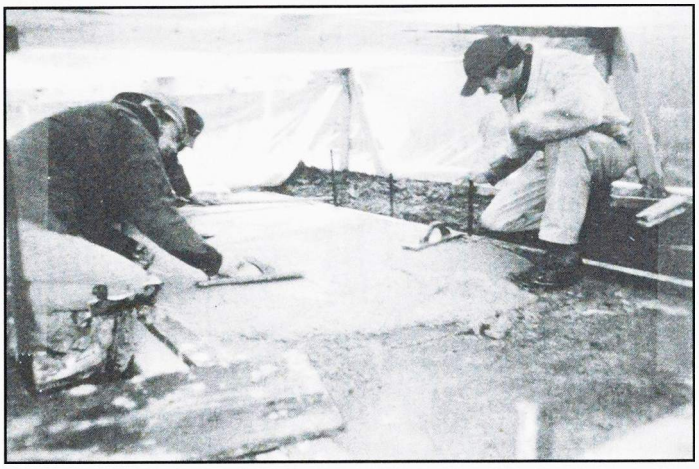
Dans le design de réparation proposé à la figure 1, un des objectifs importants est de ne pas altérer le "cours d'eau" (l'asphalte du coté de la rue) et les "arrières" (le gazon dans ce cas-ci). Pour différentes raisons, notamment l'état de détérioration avancé du trottoir dans certains section, il n'a pas été possible d'éviter l'altération du cours d'eau et des arrières lors du chantier de la rue Louis-Fréchette. Dans le contexte d'un chantier expérimental visant à définir les avantages et les limites d'une méthode, cela n'est pas considéré comme un échec.

Les matériaux de réparation

Une fois l'hydro-démolition terminée et le nettoyage effectué, des coffrages à trottoirs standard furent mis en place pour contenir le béton de réparation.

Étape 4 :
Le bétonnage et la cure





Étape 4 a :
L'application
du mortier

Tel que prévu, la majorité des réparations avaient une épaisseur supérieure à 50 mm et elles ont été fabriquées avec un béton de ciment "à trottoir" préparé en usine (32 MPa avec 5% à 8% d'air entraîné et granulats granitiques de grosseur maximale 20 mm). Plusieurs raisons motivaient le choix d'un mélange conventionnel plutôt que d'un mélange à "haute performance".

En premier lieu, il est essentiel d'assurer la meilleure "compatibilité" possible entre le nouveau et l'ancien béton pour limiter les contraintes différentielles entre les deux couches de matériau. D'autre part, comme on souhaite que ce soit les mêmes ouvriers qui exécutent la reconstruction à neuf et les réparations, l'utilisation du même mélange de béton élimine une source d'erreur possible (utilisation du mauvais mélange). De plus, les ouvriers sont très habitués au mélange à trottoir; ils connaissent sa texture, sa maniabilité et sa vitesse de prise. Donc, en utilisant le même mélange de béton on minimise les erreurs possibles au chantier.

Par ailleurs, étant donné la configuration des lieux, il a été décidé de réparer deux petites sections minces (moins de 20 mm) avec un mortier additionné de latex en prévision de la phase 3 du projet planifié pour l'été 1996. En effet, la phase 3 vise à vérifier la durabilité d'une réparation constituée d'une chape mince (moins de 20 mm) de mortier additionné de polymère. Cette alternative, qui n'est pas applicable partout, présente l'avantage de produire une quantité presque nulle de déchets de démolition et une grande vitesse de durcissement (concept proposé par La Cie de Pavage d'Asphalte Beaver).

Précautions pour la mise en place du béton de réparation

La mise en place du béton de réparation a été faite au début du mois de novembre 1995. La particularité du chantier est probablement l'attention déployée pour veiller à ce que l'exécution soit faite selon toutes les règles de l'art. En effet, on attend des réparations une durée de vie de l'ordre de 15 à 25 ans et cela exige une confection soignée, sans défaut et sans manquement aux exigences de base. Par exemple, un vibrateur a été employé pour assurer une consolidation adéquate du béton de la "bottine" (étape 4). Étant donné le temps froid et la pluie prévus, une protection adéquate a été mise en place pour protéger le béton fraîchement mis

en place (étape 4). Pour la mise en place du béton additionné de latex, un abri temporaire a été monté pour protéger la surface fraîche de la pluie (étape 4a). Une fois le béton durci, les coffrages ont été retirés et les corrections au cours d'eau et aux arrières ont été faites. Malheureusement, aucune photo du produit final n'a été prise avant l'arrivée de la neige qui, on se le rappelle, fut très précoce à l'automne 95...

Bilan du chantier de l'automne 1995

Le but premier visé par la Ville de Québec et l'Université Laval dans ce projet expérimental en plusieurs phases est d'évaluer la faisabilité technique et économique d'une intervention de réparation des trottoirs en béton. La phase 2, réalisée à l'automne 1995, a permis de bien évaluer les avantages et les limites de la méthode lorsqu'on utilise l'hydro-démolition pour la préparation de surface. Par exemple, il est clairement apparu que l'état de détérioration du trottoir ne doit pas être trop avancé car il n'est plus "réparable". Dans le cas précis du chantier de la rue Louis-Fréchette, où l'état de détérioration était très variable, seulement 37% du trottoir a pu être réparé, l'autre partie s'étant tout simplement détruite sous l'action de l'hydro-démolition.

L'hydro-démolition s'est avérée une méthode de démolition efficace. Des modifications mineures à l'équipement seront nécessaires pour bien l'adapter au traitement des trottoirs et éviter l'altération du cours d'eau ou des arrières mais la qualité du béton conservé est indéniable. Une réduction de la force de démolition sera envisagée puisque le béton conservé pour une base de trottoirs n'a pas forcément besoin d'être aussi solide que dans le cas d'une dalle structurale de pont ou de stationnement.

Le résultat obtenu sur la rue Louis-Fréchette ne correspond par encore au produit final souhaité même si on s'attend à une très bonne performance des 45 m. lin. qui ont pu être réparés. Pour les partenaires impliqués dans le projet, il est clair que les travaux effectués à l'automne 1995 sont une étape nécessaire, utile et réussie dans le développement de la méthode de réparation. Grâce à ce chantier, on a identifié une foule de détails qui seront intégrés au devis à venir de façon à atteindre les objectifs visés.

Pour ce qui est des coûts, les deux phases exécutées en 1994 et en 1995 n'ont pas générées d'économies significatives pour la Ville de Québec mais, et c'est important de le préciser, ces travaux expérimentaux ont été payés sur une base horaire à l'entrepreneur. En effet, à cette étape du développement de la méthode de réparation, il est apparu important de procéder lentement pour bien identifier les points d'exécution les plus problématiques. Lorsqu'un devis précis sera prêt, que les entrepreneurs auront acquis de l'expérience et que le jeu de la concurrence s'exercera lors des soumissions publiques, la Ville de Québec estime que l'économie directe possible est de l'ordre de 30%. La Cie de Pavage d'Asphalte Beaver, qui avait fait des calculs similaires avant d'être impliquée dans ce projet avait estimé l'économie directe possible à environ 25%. Dans les deux cas, cela n'inclut pas les coûts évités par la réduction du volume de déchets solides. Le bénéfice environnemental qui y est associé n'a pas été monnayé mais s'ajoute à ce bilan positif.

Résumé des avantages de la méthode de réparation

Pour terminer ce document, il est bon de résumer l'ensemble des avantages de la méthode en développement.

- Réduction du volume de matériaux envoyés au rebut entre 75% et 90% selon l'état du trottoir.

- Réduction de la consommation en matériaux neufs (granulats et béton).

- Maintien en service d'une fondation saine plutôt que son excavation.

- Pas de dommage au cours d'eau et aux arrières adjacents au trottoir.

- Réduction potentielle des coûts directs estimée à 30% vs reconstruction totale.

- Réduction du temps d'intervention (puisqu'il y a moins à démolir et à reconstruire).

- Réduction de la nuisance aux riverains par la réduction du temps d'intervention.

Le bénéfice environnemental de cette approche est encore difficile à traduire en chiffres ou en dollars même s'il apparaît bien réel. Pour l'instant, c'est plutôt un intangible que la Ville peut utiliser comme démonstration de son engagement à une gestion durable des ressources.

Il faut aussi réaliser que la réduction des coûts directs par rapport à la reconstruction permet de réparer, avec le même budget annuel, une plus grande superficie de trottoirs. Pour les villes qui accusent un retard important dans la réfection de trottoir, cette augmentation de la capacité d'intervention est un outil précieux.

Par ailleurs, il apparaît clairement que la réparation de trottoir doit se faire avant que la structure ait atteint un état de désuétude trop important. Pour le citoyen, cela peut signifier que la Ville viendra réparer "son" trottoir lorsqu'il sera âgé et détérioré mais n'attendra pas qu'il tombe en ruine avant d'intervenir. La méthode de réparation, parce qu'elle permet d'allonger significativement la durée de vie tout en évitant le plein coût

de la reconstruction à neuf, peut être associée à une intervention d'entretien préventif.

Finalement, les phases 1 et 2 de réparation de trottoir (et la phase 3 à venir) présente l'immense avantage de mettre à l'épreuve en condition réelle une idée séduisante sur papier. Même si l'idée de réparer les trottoirs prendra encore quelques années à faire sa place, les sections expérimentales sont déjà en place pour appuyer, au fil des ans, la promesse de durabilité de la méthode.

Conclusion

Dans le cadre des Prix d'exellence ÉNERGIA de l'Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie, nous vous avons proposé une méthode de travail inédite. Cette méthode de réparation développée en même temps par la Ville de Québec et l'Université Laval et par La Cie de Pavage d'Asphalte Beaver est une innovation qui pourra être utilisée par tous les propriétaires dont les trottoirs nécessitent une réfection.

Cette méthode économique, rapide, environnementalement amicale et durable est une alternative intéressante à la reconstruction complète des trottoirs. Les surfaces piétonnières aptes à recevoir ce traitement devraient en bénéficier afin de pouvoir laisser à nos héritiers une dette publique moindre, un environnement sain et des structures encore utilisables. Cette méthode de travail devrait être perçue comme une méthode d'entretien préventif qui arrête la dégradation des voies piétonnières occasionnant l'inconfort de l'usager.

Cette technique de réparation sera présentée prochainement dans un article qui a été accepté pour publication dans le revue Concrete International de l'American Concrete Institute, et a été primé par l'Association Béton Québec qui lui a décerné le prix ARCUS-Innovation 1996.

Estimation du volume de rebut

Avec la méthode conventionnelle de reconstruction à neuf appliquée à un trottoir de 1,5 m de large, nous générons 1,08 m3 de débris par mètre linéaire de trottoir à refaire.

Volume de débris parm.linéaire	trottoir =	1,5 m x 0,3 m	= 0,45 m^3
	fondation =	2,1 m x 0,3 m	= 0,63 m^3
		Total =	= 1,08 m^3

Tableau montrant le pourcentage d'économie de rebut en utilisant la méthode de réparation.

Profondeur de l'hydro-démolition (mm)	Volume de rebut au mètre linéaire (m^3)	% de matériau recyclé	Marge de sécurité pour fissures plus dégradées	% net de recyclage
5	0,0075	99 %	10 %	89 %
10	0,015	98 %	10 %	88 %
25	0,037	96 %	10 %	86 %
50	0,075	93 %	10 %	83 %
100	0,15	86 %	10 %	76 %

Exemple

Pour un kilomètre de trottoir reconstruit à neuf	1 080 m^3 de déchets solides	Équivalent à environ 77 camions "10 roues"
Pour un kilomètre de trottoir avec démolition sur 50 mm	185 m^3 de déchets solides	Équivalent à environ 13 camions "10 roues"

LISTE DES INTERVENANTS AYANT PARTICIPÉS À CE PROJET

Ville de Québec
Maître d'oeuvre
Pierre Gauthier, ing. Ingénieur à la programmation
Serge Fortin, ing. Laboratoire des sols et matériaux
Fernand Roberge, tech. Chargé de programmes

La Cie de Pavage d'Asphalte Beaver
Entrepreneur spécialisé
Hugo Lemay, Gérant de projet
Paul Renaud, Gérant recherches & Contrôle de la qualité

Chaire industrielle sur le béton projeté et les réparations en béton
Département de génie civil, Université Laval
Conception et essais spéciaux
François Saucier, Ph.D., ing. Attaché de recherche
Marcel Langlois, M.Sc., ing. Ingénieur de laboratoire

Les Entreprises Antonio Barrette inc.
Entrepreneur général
M. Gilles Thibodeau, Co-propriétaire

Béton Mobile du Québec
Producteur de béton additionné de polymère
Jacques Bertrand, Président.

Entreprise L.T., Béton Lagacé
Producteur de béton prêt à l'emploi
Pierre Lagacé, Président.

Références bibliographiques

Concrete Repair Digest. *"A closer look at bridge deck concrete removal cost"*, pp.336 à 344, dec 1994/jan 1995.

GAMACHE, Denis. *"Utilisation du béton modifié au latex lors des travaux de réfection du Pont de l'Ile Verte à Laval"*, Rapport technique, Dessau, Laval, décembre 1989, 39 p.

REMISZ, J. et REMISZ W. *"Hydrodemolition: Why "yes" and why "no""*, rapport de conférence, Water Jet Technology Association, août 1993, 8 p.

SILFWERBRAND, Johan. *"Improving concrete bond in repaired bridge decks"*, Concrete Internationnal, sept 1990, pp 61 à 66.

SILFWERBRAND, Johan. "*Theoretical and experimental study of strength and behavior of concrete bridge decks"*, The Department of structural mechanics and engineering, The Royal Institute of Technology, Stockholm, 1987, 15 p.

VASEK, J. ,FOLDYNA, J. et NOVÁK, J. *"Tests on walls of a railway tunnel and samples of concrete and blocks of rock with high pressure water jet equipment for outdoor application in Czechoslovakia"*, rapport de conférence, Water Jet Technology Association, août 1991, 14 p.

VENUAT, Michel. *"La pratique des ciments, mortiers et bétons"*, Tome 2, Pratique du bétonnage, pathologie et applications, Editions du Moniteur, Paris, 1989, 220p.



Le transport,
outil de développement
économique

AQTR
ASSOCIATION
QUÉBÉCOISE
DU TRANSPORT
ET DES ROUTES INC.

33 CONGRÈS ANNUEL

20 et 21 avril 1998

ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DU TRANSPORT ET DES ROUTES

Avec un thème d'actualité si important,
« Le transport, outil de développement économique »,
vous ne pouvez manquer ce 33e congrès de l'AQTR
avec ses nombreuses conférences,
son salon d'exposants, ses forums
et ses dynamisants moments d'échanges.

Demande d'information à poster à :
AQTR -1595, rue Saint-Hubert, bureau 100, Montréal (Québec) H2L 3Z2
Téléphone : (514) 523-6444 Télécopieur : (514) 523-2666 Adresse électronique : aqtr@mlink.net

Prénom, nom _____

Organisme _____

Adresse _____

Téléphone _____ Télécopieur _____

LE RECYCLAGE À FROID IN SITU: UNE BONNE SOLUTION POUR LES CHAUSSÉES DONT LE PAVAGE EST FATIGUÉ ET FISSURÉ

par Paul Favretti

Le recyclage à froid in situ des enrobés bitumineux est une technique qui a été introduite au Québec en 1992 par la firme Talon Sebeq inc. Le vieux revêtement est décohésionné par planage et les fraisâts sont recyclés par l'ajout d'une émulsion de bitume régénérante. Un atelier intégré de type "train de recyclage" permet de planer le revêtement dégradé, de traiter les fraisâts et d'épandre l'enrobé recyclé sur la route en une seule opération continue . Ainsi, avec une vitesse d'exécution inégalée, une couche d'enrobés recyclés de 60 à 150 mm d'épaisseur est construite et le profil de la route restauré. On peut également mettre les fraisâts en réserve pour recyclage ultérieur lorsque les contraintes du chantier l'exigent. L'enrobé recyclé est recouvert d'une couche de roulement mince ou épaisse, selon le niveau de trafic. Plus de trois années de suivi de chantiers québécois permettent de confirmer les excellents résultats déjà obtenus aux États Unis et en Europe, où le recyclage à froid des vieux enrobés est utilisé depuis plus de dix ans: Les enrobés recyclés à froid, lorsque utilisés à bon escient, ont un rendement comparable aux enrobés à chaud standards et leur résistance à la remontée des fissures est remarquable. Sur routes fortement dégradées, cette technique représente un choix avantageux en terme de coût d'utilisation lorsqu'on la compare aux techniques traditionnelles de planage-resurfaçage.

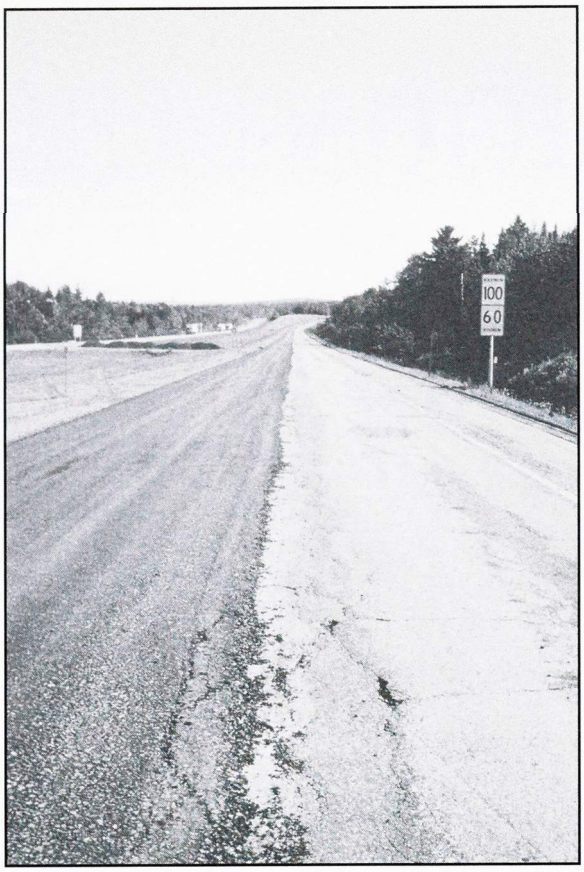
Paul Favretti, Géol.B.Sc., Directeur technique
Talon Sebeq inc.

Un choix d'intervention mieux adapté à l'état des routes fortement dégradées

Le réseau routier québécois compte une forte proportion de routes fortement dégradée ayant atteint le terme de leur vie utile. Pour ces routes, les techniques traditionnelles d'entretien telles le resurfaçage à l'enrobé à chaud conventionnel, ne sont plus efficaces. Les fissures sont rapidement réfléchies à la surface et le corps de la chaussée continue de se dégrader sous l'action combinée de l'eau, des sel déglaçants et du gel hivernal. Il est donc nécessaire, pour réhabiliter ces routes avec succès, de recourir à des techniques d'intervention qui, tout en étant économiques, permettent de restaurer plus en profondeur la structure de la chaussée pour en stopper la dégradation et lui redonner une vie utile. Le recyclage à froid in-situ offre ces deux avantages. Il permet la régénération des enrobés vieillis et la restauration de l'homogénéité du revêtement par le recollement des couches et l'élimination des fissures, ce qui n'est pas le cas pour les techniques de resurfaçage conventionnelles. L'opération de recyclage permet de produire une couche de base d'enrobés recyclés homogène dont l'épaisseur peut varier entre 60 et 150 mm . Cette couche de base recyclée pourra recevoir une couche de roulement mince ou épaisse, selon la charge de trafic à supporter. Le comportement mécanique de la chaussée traitée est amélioré et son profil rétabli.

Les enrobés recyclés à froid sont plus flexibles que les enrobés à chaud. Leur structure plus ouverte, combinée à l'utilisation de liants bitumineux de qualité leur

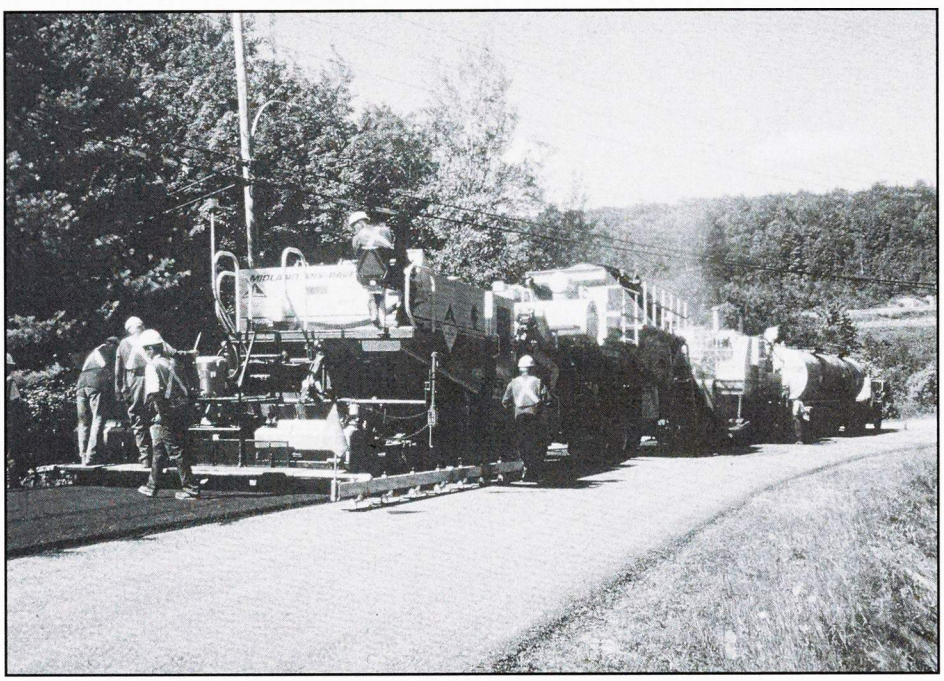
confère une plus grande résistance à la fatigue et ce, malgré des caractéristiques mesurées en laboratoire normalement considérée comme défavorables (faible compacité initiale et pourcentage de vides élevé). Les performances des chantiers réalisés au cours des trois dernières années sont prometteuses . Les enrobés recyclés résistent à l'orniérage et les déflexions observées sont faibles, malgré le fait que les chaussées retraitées soient généralement rouvertes immédiatement au trafic et qu'on observe une diminution des vides dans le mélange au cours des deux premières années de service Leur remarquable résistance à la remontée des fissures a été confirmée à chacune des occasions. Il est cependant vrai que ces mélanges présentent une plus grande sensibilité à l'eau que les enrobés à chaud conventionnels, particulièrement au cours des deux premières années suivant la construction. Pour cette raison, ils doivent être revêtus d'une couche de roulement étanche.



Recyclage, en place sur 100 mm, autoroute 55, Ste-Catherine de Hatley (1994)
«Lorsque les techniques d'entretien conventionnelles ne sont plus efficaces..»

Champ d'application

Jusqu'à maintenant, le procédé de recyclage à froid a été généralement réservé à des routes supportant des charges de trafic faibles à moyennes, pouvant atteindre 8000 DJMA dont 10 à 15% de véhicules lourds. Cependant, tout indique que l'utilisation de cette technique pourra être étendu à des routes à plus fort trafic, à mesure que l'expérience québécoise en recyclage augmentera et que les techniques se raffineront. Des routes à forts trafic ont d'ailleurs déjà été traitées avec succès en Europe.

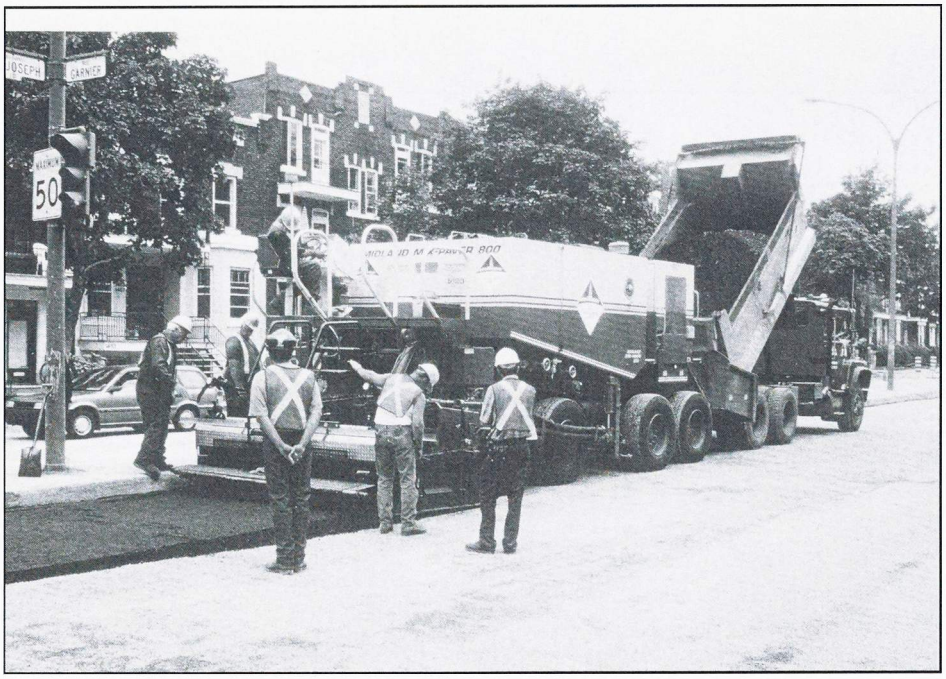


Recyclage en place sur 100 mm d'épaisseur au moyen du train de recyclage. Route 112, Stukely sud (Dt Sherbrooke), août 1996

Formulation

Analyse des enrobés avant recyclage

La granulométrie et la teneur en bitume des fraisâts de planage à traiter varient selon les chantiers. Nos données, basées sur une dizaine de chantiers et un grand nombre d'analyses,



Recyclage en milieu urbain. Pose d'une couche de 85 mm d'enrobés recyclés en place sur dalle de béton, boul. St-Joseph à Montréal, juillet 1996.

montrent une teneur en bitume résiduel généralement comprise entre 4.0 et 6.0%. La granulométrie se retrouve quant à elle généralement à l'intérieur du fuseau présenté au tableau 1.

Agent de recyclage

L'agent de recyclage le plus souvent utilisé est une émulsion anionique de bitume modifié aux polymères de type HF-150S(P) conforme à la norme OPSS 1103. Cependant, d'autres types d'émulsions, à base de bitume polymère ou non, peuvent également être utilisés avec succès.

L'émulsion est sélectionnée en fonction de la nature des matériaux à retraiter. Le dosage optimum de liant d'apport est déterminé au moyen d'essais de mélange réalisés au cours de l'étude préliminaire précédant l'exécution des travaux. La procédure d'essais utilisée pour l'étude de formulation est la méthode Marshall modifiée

	% passant	
Tamis (mm)	Fraisâts	Granulats désenrobés
40.0	100	
20.0	88 - 96	100
16.0	- -	90 - 100
14.0	65 - 90	- -
12.5	- -	85 - 100
10.0	40 - 70	70 - 90
5.0	15 - 45	47 - 85
2.5	5 - 30	30 - 60
1.25	2 - 15	25 - 50
0.630	1 - 6	20 - 35
0.315	0 - 3	14 - 25
0.160	0 - 2	10 - 16
0.080	0 - 1.5	7 - 10

Tableau 1:
Granulométrie des fraisâts

Eau de mouillage:	1.5 - 2.5%
Émulsion HF-150S(P):	1.2 - 2.0 %
Bitume résiduel ajouté:	0.8 - 1.4%

(Pourcentages du poids de fraisâts secs)

Tableau 2
Dosages typiques

Bitume résiduel total (1)	5.0 - 7.5%
Stabilité Marshall à 22ßC:	12.0 - 25.0 kN
Fluage à 22ßC:	2.5 - 6.0 mm
Stabilité Marshall à 60ßC:	2.5.- 3.5 kN
Fluage à 60ßC:	3.0 - 8.0 mm
Densité brute laboratoire (état sec):	2.100 - 2.300
Densité maximale Rice:	2.450 - 2.580
Vides:	10.0 - 12.0%

(1): Pourcentages du poids de fraisâts secs.)

Tableau 3
Caractéristiques typiques du mélange recyclé

du Manuel MS-19 de l'Asphalt Institute. La procédure de préparation et de cure des spécimens a cependant été adaptée aux caractéristiques particulières des enrobés recyclés à froid.

Girations:	50	100	150
Densité brute:	2.291	2.355	2.380

(selon les standards SHRP à 600 kPa)

Tableau 4:
Essais à la P.C.G

Dimensionnement

Des études récentes ont montré que le module des enrobés recyclés à froid varie généralement de 600 à 1 500 MPa (20° C).

La stabilité des mélanges recyclés augmente dans le temps en raison de la période de cure qui les caractérise. C'est pourquoi un module effectif de 800 à 1 000 MPa peut-être utilisé de façon sécuritaire aux fins des calculs de dimensionnement. Les modules des enrobés recyclés à froid étant plus faible que ceux des enrobés à chaud, il est nécessaire de bien dimensionner la couche de roulement qui les recouvre en fonction de la charge de trafic devant être supportée par la chaussée.

Fabrication et mise en oeuvre

Pour des raisons d'efficacité, on utilise le plus souvent un atelier mobile intégré de type "train de recyclage" capable d'effectuer le planage du revêtement, le dosage de l'émulsion, le malaxage du mélange et son épandage. Une largeur de 3.66m peut être traitée à la fois, le trafic étant maintenu sur les autres voies. L'unité de planage est puissante. Elle peut attaquer le revêtement sur une profondeur pouvant atteindre 150 mm sans difficulté. Une unité de concassage-criblage assurant le contrôle de la granulométrie des fraisâts complète l'atelier de recyclage. Le dosage des additifs, le malaxage et la pose sont effectués en une seule opération par un atelier de type? Midland Mix-Paver 800? alimenté en continu par le convoyeur de décharge de l'unité de tamisage. Le dosage de l'eau de malaxage et de l'émulsion régénérante est contrôlée par un ordinateur de bord. La mise en oeuvre est complétée par un atelier de compactage composé d'un rouleau à pneus de 30 tonnes et d'un rouleau d'acier vibrant.

La progression est rapide. L'atelier peut produire 300 tonnes à l'heure et, pour autant que les conditions de chantier le permettent, une surface de 10 000 m2 par jour peut être traitée.

Lorsque les conditions de chantier l'exigent, il est également possible de mettre les fraisâts en réserve pour traitement ultérieur. C'est ce qui a été fait sur deux chantiers de techniques innovantes réalisés à Montréal cette année afin de permettre le traitement préalable de la dalle de béton (boul. St-Joseph et rue Appleton). On peut également utiliser les enrobés recyclés à froid comme rechargement en s'approvisionnant à une source de fraisât extérieure, comme ce fut le cas pour la route 138 à Neuville en 1993.

Chantiers antérieurs

Des dizaines de chantiers au Québec et en Ontario. En Ontario, plus de 400 km de route ont été traités depuis 1989. Au Québec, plus de 150 km de route ont été traités par recyclage à froid, jusqu'à maintenant.

Après quatre années de suivi de chantiers québécois, on constate que le comportement des ouvrages est tout à fait prometteur. L'orniérage, lorsqu'il est observé, est faible (5 à 7 mm) et il est limité dans le temps aux premiers jours suivant la mise en oeuvre et ce, malgré une résistance initiale plus faible. Les observations ont montré que cet orniérage initial est attribuable au tassement du mélange plutôt qu'au fluage, ce qui explique qu'il soit limité aux premiers jours après la mise en oeuvre. Une fois la cure initiale du mélange terminée, le profil est aisément rétabli au moment de la pose de la couche de roulement. La remontée des fissures a été faible au cours des trois (3) premières années de service, de beaucoup inférieure à celle qu'on enregistre habituellement à la suite des traitements conventionnels.

Projet Recyclobeq, route 138, Neuville (1993)

Ce chantier de recyclage à froid a été réalisé en 1993 à la suite d'un concours de techniques innovatrices lancé par le ministère des Transports du Québec. Le procédé Recyclobeq retenu par le ministère fut appliqué sur un tronçon 3.6 km de la route 138 situé dans la municipalité de Neuville, dans le comté de Portneuf. Ayant fait l'objet d'un suivi de comportement détaillé depuis sa construction, ce chantier de recyclage est pour l'instant le mieux documenté au Québec et un rapport final devrait être émis l'an prochain par le ministère des transports et la firme Talon Sebeq, l'entrepreneur. Le grand intérêt de ce chantier vient du fait que l'enrobé recyclé a été fabriqué à partir d'une source de fraisâts extérieure et simplement posé en rechargement sur la chaussée existante. De plus, l'enduit superficiel posé comme couche de roulement n'est pas structurant. Il est donc possible de comparer directement la performance de l'enrobé à froid à celle d'un enrobé à chaud posé dans les mêmes conditions.

Trafic

Selon la carte du trafic de 1990, le trafic sur cette route est de 4230 DJMA avec 4.3% de véhicules lourds. L'agressivité

ANNÉE	ENDROIT	TRAFIC (DJMA)	LONGUEUR (km)	CLIENT
1992	Rte 143, District de Richmond	3380	14.6	MTQ DT Sherbrooke
1992	A-10, Eastman et St-Étienne de Bolton	N/D	6.7	MTQ DT Sherbrooke
1992	Ch. Stages et Benoît, Stanstead et St-Catherine-de-Hatley	N/D	21.3	MTQ DT Sherbrooke
1993	Rte 138, Neuville	4230	3.7	MTQ DT Cap-Santé Technique innovante Recyclobeq
1994	A-55 Ste-Catherine-De-Hatley	3392	1 2.5	MTQ DT Sherbrooke
1994	Rte 148 Papineauville	6600	5.6	MTQ DT Outaouais
1995	Rte 112 Weedon	3500	5.0	MTQ DT Sherbrooke
1995	Rte 161 Stornoway	1710	3.8	MTQ DT Sherbrooke
1995	Ch. St-Édouard St-Mathieu	N/D	2.6	Municipalité de St-Mathieu
1996	Rue Appleton et boul. St-Joseph, Montréal	N/D	1.1	Techniques innovantes, Ville de Montréal
1996	Rte 112 Stuckely	N/D	11.1	MTQ DT Sherbrooke
1996	Rte 243 Melbourne Chantier expérimental émulsion ciment	N/D	6.6	MTQ DT Sherbrooke
1996	Rte 108 Bury	N/D	7.1	MTQ DT Sherbrooke
1996	Rte 161 Nante Chantier expérimental émulsion ciment	N/D	6.3	MTQ DT Sherbrooke
1996	Ch. Venise Deauville	N/D	3.5	Municipalité de Deauville
1996	Rte 341 St-Jacques-de-Montcalm	N/D	7.0	MTQ DT Lanaudièree
		TOTAL:	*118.5*	

Tableau 5
Chantiers de recyclage réalisés au Québec

totale sur une durée de 15 ans est de 588 x 103 essieux standards.

État de la chaussée avant sa réhabilitation

Le principal désordre affectant cette chaussée était une fissuration transversale de retrait thermique. Le pas de fissuration était d'environ 10 mètres. Des fissures longitudinales dans les traces de roues et des lézardes étaient également visibles. L'indice d'IRI moyen était de 2.0 mm/m et l'orniérage variait de 12 à 13 mm sur les sections témoins.

Description du procédé

Le procédé Recyclobeq consiste à recharger la chaussée de 70mm (160 kg/m2) de fraisâts de planage tamisés et recyclés à froid au moyen d'une émulsion HF-150 recouverts d'une couche de roulement constituée d'un enduit superficiel bi-couches à haut rendement

Description du chantier

La technique Recyclobeq a été appliquée en continu sur une section de 2.86 km comprise entre les chaînages 0+000 et 2+860. Un enrobé à chaud conventionnel a été mis en oeuvre entre les chaînages 3+237 et 3+387 aux fins de comparaisons. Les sections comprises entre les chaînages 2+860 à 3+237 et 3+387 à 3+675 n'ont reçu aucun traitement afin de servir de références. Ils ont été cependant été recouverts d'une couche d'enrobés conventionnels en 1996.

Chaînage	Planche	Technique
0+970 à 1+120	Section 1	Recyclobeq 160 kg/m2
1+788 à 1+938	Section 2	Recyclobeq 160 kg/m2
3+237 à 3+387	Section 3	Enrobé à chaud MB-12.5, (Correction 50 kg/m2; roulement 90 kg/m2)

Tableau 6
Localisation des planches témoins

Procédé	Dosages
RECYCLOBEQ Enrobé bitumineux recyclés à froid:	 160 kg/m²
ENDUIT SUPERFICIEL BI-COUCHE, 1) Émulsions HF-150 & 250 Granulat 10/5 mm 2) Émulsion RS-2K: Granulat 12,5/5 mm:	 1,10 l/m² 11,0 kg/m² 1,55 l/m² 18,8 kg/m²
ENROBÉ À CHAUD MB-12,5 Couche de correction Couche de roulement	(60 mm ± 10 mm) 50 kg/m² 90 kg/m²

Tableau 7
Dosages et quantités

RELEVÉS	DIRECTION EST		DIRECTION OUEST	
	Gauche	Droite	Gauche	Droite
Section 1 -Recyclobeq				
Fissures(%)	30			
Orniérage (mm)	6	3	3	3
IRI (m/mm)	1.39	1.46	2.09	2.01
Section 2- Recyclobeq				
Fissures(%)	33			
Orniérage (mm)	5	4	3	3
IRI (m/mm)	1.63	1.29	1.26	1.14
Section 3 - Enrobés conventionnels				
Fissures(%)	70			
Orniérage (mm)	5	3	5	2
IRI (m/mm)	1.27	1.10	1.14	1.31

Tableau 8
Résumé des relevés effectués sur la route 138 aux mois d'octobre et novembre 1996

Planches témoins

Trois planches témoins d'une longueur de 150 m ont été définies pour le suivi du comportement. Leur localisation est montrée au tableau 6.

Dosages et quantités

Les solutions retenues pour la réalisation de ce projet sont exposées au tableau 7.

État du chantier après trois ans de service

Les plus récents relevés, effectués après trois ans de service durant les mois d'octobre et de novembre 1996, démontrent l'excellent comportement du chantier Recyclobeq. De plus, l'utilisation d'un système autonome d'acquisition à haut rendement (système BIRIS, G.I.E. Technologies) a permis de caractériser l'état de l'ensemble du projet, ce qui a permis de confirmer la représentativité des sections témoins décrites plus loin. Dans les sections témoins 1 et 2, recouvertes d'enrobés recyclés à froid, 30 et 33% des fissures se retrouvent respectivement réfléchies à la surface après trois ans alors qu'on en compte 70% dans la section 3 recouverte d'enrobés à chaud standards. De plus, la majorité des fissures étaient déjà réfléchies en surface après la première année dans cette dernière section. De plus l'ouverture des fissures dans les deux sections de Recyclobeq est faible (moins de 5mm) alors que le degré de fissuration est qualifié de modéré dans

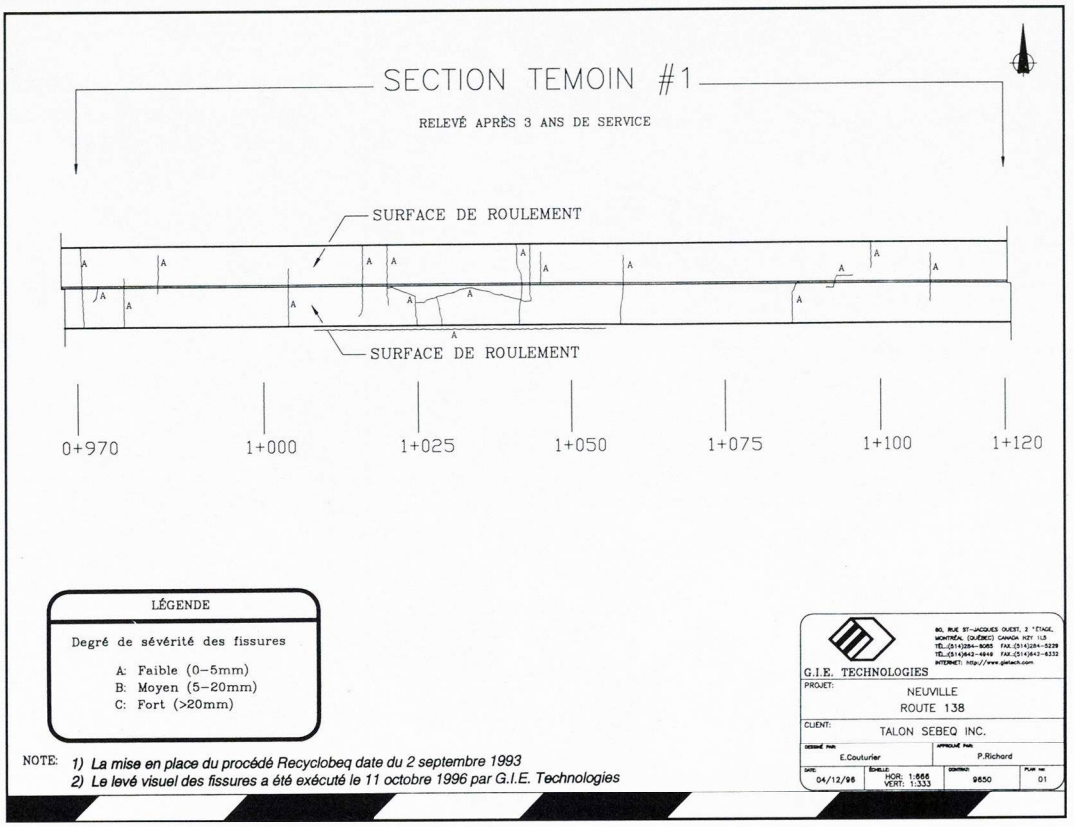


Figure 1
Section 1, Recyclobeq. Fissures visibles à la surface au mois d'octobre 1996

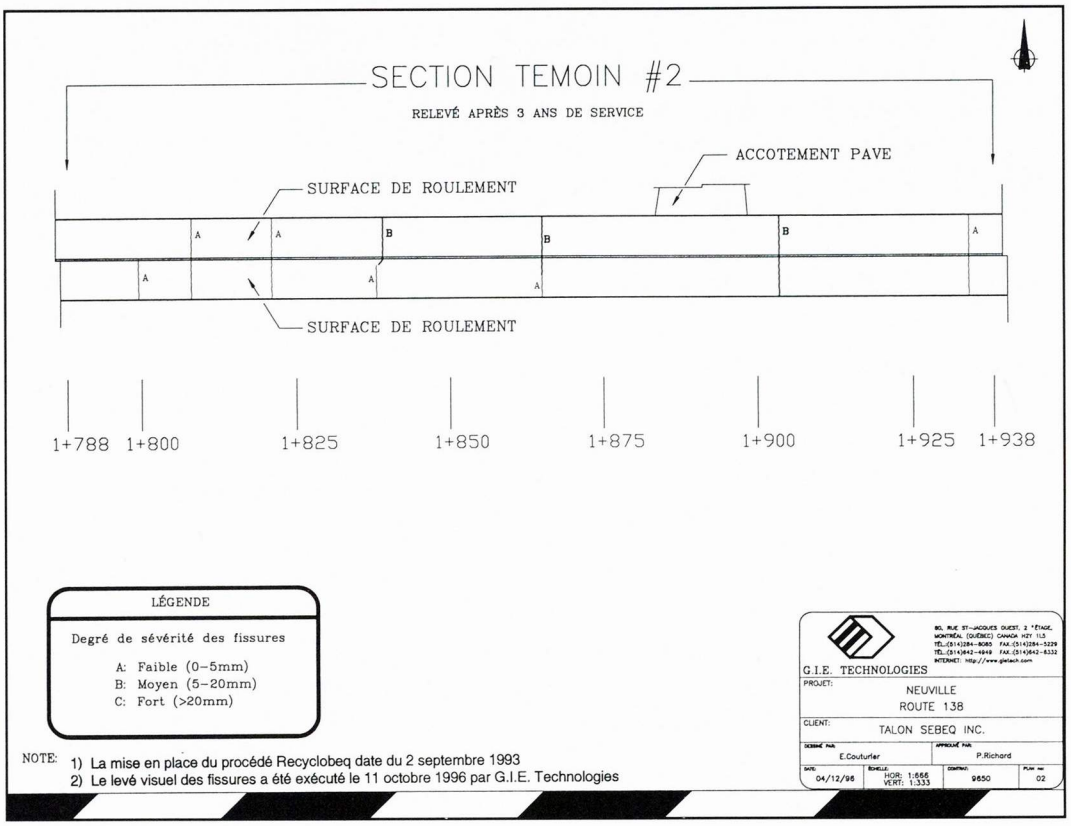


Figure 2
Section 2, Recyclobeq. Fissures visibles à la surface au mois d'octobre 1996

la section témoin recouverte d'enrobés à chaud (ouverture de 5 à 20 mm).

L'orniérage moyen mesuré sur les sections de Recyclobeq est faible, de 3 à 4 mm, selon la direction du trafic. Il est identique à celui qu'on observe sur la section recouverte d'un enrobé à chaud, quoique la dispersion des valeurs soit plus grande. L'orniérage n'a pas évolué de façon sensible depuis les premiers relevés, ce qui démontre la stabilité de l'enrobé recyclé à froid sur ce chantier.

La qualité de l'uni a été mesurée à la fin du mois de novembre 1996, soit après les premiers gels. Les indices d'IRI moyens mesurés dans les directions est et ouest sont respectivement de 1.42 et 2.05 pour la section 1 et de 1.46 et 1.20 pour la section 2 alors qu'ils sont de 1.18 et 1.22 pour la section 3 recouverte d'un enrobé à chaud. La qualité de l'uni obtenu est donc généralement acceptable, d'autant plus que les relevés ont été effectués en hiver.

Route 143, Brompton Canton

Ce chantier de recyclage a été réalisé en 1992 sur un tronçon de la route 143

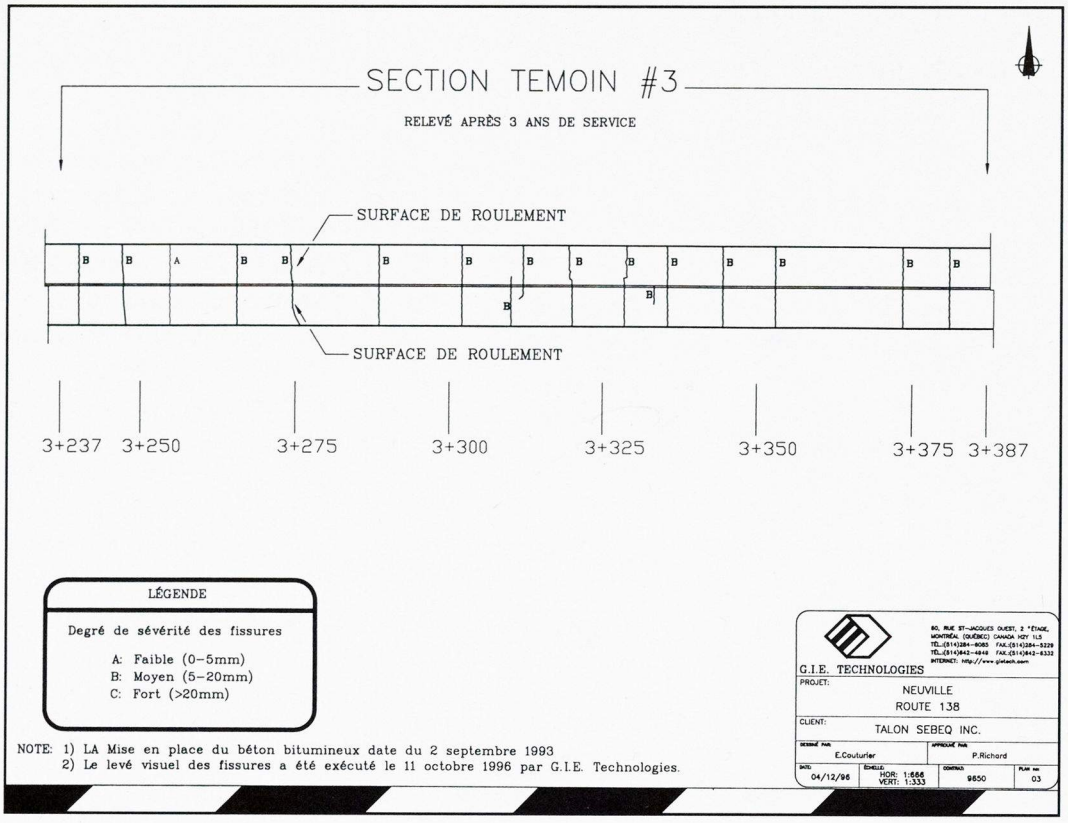


Figure 3
Section 3, Enrobés à chaud. Fissures visibles à la surface au mois d'octobre 1996

d'une longueur de 14.6 km situé dans la municipalité de Brompton Canton (comté de Johnson). Dans le cadre de ce projet, les enrobés bitumineux ont été recyclés en place sur une épaisseur de 100 mm au moyen du train de recyclage. La base recyclée ainsi obtenue fut recouverte d'une couche de roulement en enrobé à chaud conventionnel posé au taux de 100kg/m2.

État de la chaussée avant réhabilitation

La chaussée de ce tronçon routier était affectée d'une fissuration transversale sévère accompagnée de fissures longitudinales multiples dans les voies des roues ainsi qu'un d'un lézardage important.

État de la chaussée réhabilitée après trois ans de service

Deux planches témoins d'une longueur approximative de 150 m ont fait l'objet d'un relevé de fissuration effectué au printemps 1995 par le Ministère des Transports, soit près de trois ans après la mise en service. Le relevé effectué révèle une remontée des fissures faible à cette date, de l'ordre de 10%. Cependant, le taux de remonté des fissures etait plus élevé dans la portion urbaine du tronçon, tout en demeurant modéré. Au cours d'une visite effectuée la même année, nous avons constaté que l'orniérage était faible, de l'ordre de 5mm.

Bénéfices de la technique

Les observations faites sur les deux projets décrits dans cet articles indiquent qu'on peut projeter pour les réhabilitation à base d'enrobés recyclés à froid une durée de vie plus longue, que pour les travaux de resurfaçage conventionnels. Ces observations tendent à confirmer les premières études économiques effectuées en Ontario à cet effet, lesquelles concluent à un coût d'utilisation inférieur pour les réhabilitations à base d'enrobés recyclés à froid comparativement aux procédés conventionnels (Zeisner, 1995).

S'il est vrai que le coût du procédé Recyclobeq s'est avéré être plus élevé qu'un resurfaçage à chaud conventionnel dans le cadre du projet de la route 138, il ne faut pas oublier que les coûts comprenaient les frais liés à la préparation d'une proposition technique et au suivi inhérents à un projet pilote de techniques innovantes. Dans les faits, le degré actuel de raffinement des méthodes et des équipements utilisés pour le recyclage fait aujourd'hui du procédé Recyclobeq une technique dont le coût est équivalent à celui d'une intervention de correction-couche d'usure à base d'enrobés à chaud.

Développement futur de la technique

De nouveaux équipement (unité de distribution de coulis Wirtgen WM 400) sont déjà disponibles pour doser de façon efficace dans le mélange des additifs hydrauliques en poudre tels la chaux et le ciment. L'addition de liants hydrauliques permet d'accélérer la cure

du mélange par temps frais et humide et d'apporter une solution au manque de résistance initiale des mélanges recyclés à froid sur route à forts trafics. Une nouvelle génération d'émulsions de bitume à rupture contrôlée et stables en présence de ciment est également en voie d'élaboration. Ces innovations sont déjà mises à l'essai sur des chantiers pilote cette année grâce à la collaboration de la DT de Sherbrooke du ministère des Transports du Québec.

D'autre part, la disponibilité d'équipements de plus en plus sophistiqués permettent maintenant d'étendre le champ d'application de la technique de recyclage à froid au domaine urbain. A cet effet, deux chantiers de recyclage ont été réalisés en 1996 à Montréal, dans le cadre d'un concours de techniques innovatrices de réhabilitation de chaussées mixtes. De plus en plus, le recyclage à froid devient un procédé économique et performant, extrêmement flexible, et adaptable à tous les environnements.

Notes

1 La mise en place du procédé Recyclobeq date du 2 septembre 1993

2 Le levé visuel des fissures a été exécuté le 11 octobre 1996 par G.I.E. Technologies

Références

BLAIS, C., WALTER, J., *"Strengthening of provincial Highway 138 With Cold Rap Mix"*, Proceeding Canadian Technical Association 41, pp. 266-281 (1996).

EPPS, JON A. *"Cold-Recycled Bituminous Concrete Using Bituminous Materials"* NCHRP Sinthesis 160, Transportation Research Board Bational Research Council, Washington, D.C., 105 p (1990)

FLON, PAUL et col.. Retraitement en place - Bilan 1991-1994. Table bipartite M.T.Q. - ACRGTQ (1995)

LAFOND, JEAN-FRANÇOIS; *"Performances en place des enrobés à froid - Expérience Française"*., Recueil du premier congrès Mondial de l'émulsion, vol. 3, 4-12-227, Paris, 19-22 oct. 1993.

LAFOND, JEAN-FRANÇOIS *"Retraitement à froid des chaussées à l'émulsion de bitume"* Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, No. 183; (Janvier - Février 1994)

LAFOND, J.F., GOYON,V., SAMANOS, J,, CHAIGNON, F., *"Performance des enrobés à froid - Expérience française."* Dans Recueil du premier congrès mondial de l'émulsion,. vol. 3, 4-12-227,08-13 Paris, (1993).

LAVAUD, JEAN-PIERRE ET BERTRAND, MICHEL; *"Recyclage en centrale ou retraitement à froid? - La régénération des enrobés dans le sud-ouest de la France"*, Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées No 182; pp. 75-81, (Novembre - Décembre 1992)

LEE S.Q.S., VAN BARNEVELD A., CORBETT M., *"Low Temperature Cracking Performance of Superpave cend Cold In-Place Recycled Pavement in Ottawa-Carleton"*, Proceeeding C.T.A.A. 42, pp.67-83 (1997).

MURPHY, D., EMERY, J., *"Evaluation of Cold In-Place Asphalt Recycling"*, Proceeding Canadian Technical Association 42, pp. 84-106 (1997).

REMTULLA, AZIM; "*Recyclage de revêtements routiers bitumineux usagés à l'aide d'agents de recyclage émulsionnés"*, Recueil du premier congrès mondial de l'émulsion,. vol. 3, 4-13-091, Paris, 19-22 oct. 1993.

SAMANAS, JACQUES / ROFFE, JEAN-CLAUDE; *"Retraitement des chaussées à l'émulsion de bitume - Bilan 5 ans d'expérience de retraitement en Midi-Pyrénées"*, Extrait d'un rapport émis par le LRPC de Toulouse sous la signature de Jean-François Lafon dans le cadre de la coopération franco-suédoise 25 pp. (1992)

SERGASS, JEAN-PIERRE, BERTAUD, MICHEL; *"Recyclage à froid des enrobés Procédé Recycold"* Revue Générale des routes et des aérodromes, No. 712, (1993)

SCHOLZ, HICKS et col., *"Use of Cold In Place Recycling on Low-Volume Roads"*, Fifth International Conference on Low-Volume Roads, TRR #1291, Vol. 2, pp. 239-252, (1991)

TALON SEBEQ INC. *"Projet Recyclobeq, Technique innovatrice MTQ 1993"*, rapport intérimaire de suivi, avril 1994

TALON SEBEQ INC. *"Recyclage en place MTQ 1994, Rte 148, Papineauville"*, rapport de suivi présenté au ministère des Transports du Québec, (1994).

THÉBEAU D., FAVRETTI P., *"Comportement après trois ans de deux techniques réutilisant les résidus de planage à froid sur un revêtement existant : Recyclobeq et Recyflex"*, Recueil des communications, A.Q.T.R. 32e congrès annuel, Tome 2, pp.305-337, (1997).

ZEISNER, GRAHAM F. *"Cold In-Place Asphalt Recycling in the Regional Municipality of Ottawa-Carleton"*, AQTR, 30ième congrès annuel, recueil des communications, tome 1, pp. 159-170, (1995).

RECONSTRUCTION DU PONT MARIUS DUFRESNE
MINIMISER LES INCONVÉNIENTS PAR LES COMMUNICATIONS

par Line Lecomte

Le 26 septembre dernier, plus de trois semaines avant l'échéancier prévu, le ministère des Transports du Québec (MTQ) a inauguré le pont Marius Dufresne situé sur la route 117 entre Laval et Rosemère. Les caractéristiques du pont et la complexité des travaux ont nécessité l'interruption complète de la circulation pendant plus de quatre mois soit du 15 mai au au 26 septembre. La fermeture du pont qui a un important débit de 25 000 véhicules par jour, a nécessité une démarche importante de concertation et de communication avec les partenaires.

Line Lecomte, urbaniste
Direction Laval-Mille-Iles, Ministère des Transports du Québec

Origine de la reconstruction

Le pont Marius Dufresne, victime de l'action du temps, présentait deux lacunes importantes avant sa démolition. D'une part, les poutrelles transversales du tablier étaient fissurées à plusieurs endroits et l'acier dont était fait l'ensemble des poutres du pont offrait une faible résistance aux chocs par temps froid. D'autre part, la dalle de béton située sous l'asphalte était grandement dégradée. D'ailleurs, dès l'automne 96, le MTQ avait interdit la circulation des véhicules lourds sur le pont.

Relations avec les partenaires

Plus d'un an avant le début des travaux, le ministère a commencé à rencontrer les partenaires afin de les informer de la démarche à venir. Tous les partenaires furent rencontrés soit les municipalités, corps policiers, services d'urgence, société d'assurance automobile du Québec, commercants, commissions intermunicipales de transports, commissions scolaires, associations de camionnage, organismes communautaires, associations récréatives, chroniqueurs de circulation et journalistes.

Le but de ces rencontres était de présenter le projet de reconstruction, de proposer diverses solutions pour atténuer l'impact négatif des travaux et obtenir des avis sur les mesures de maintien de circulation applicables et réalisables. Cette démarche offrait l'avantage d'ouvrir le dialogue et permettait de faire ressortir les insatisfactions

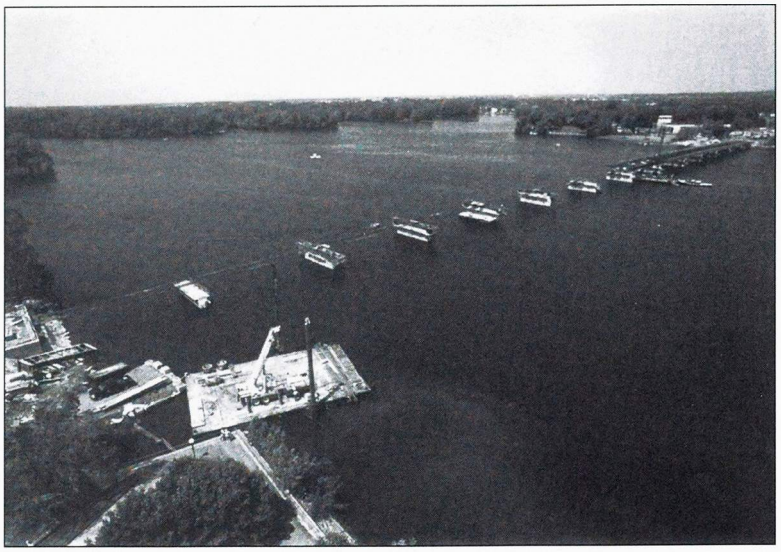
lors des rencontres plutôt que dans les médias.

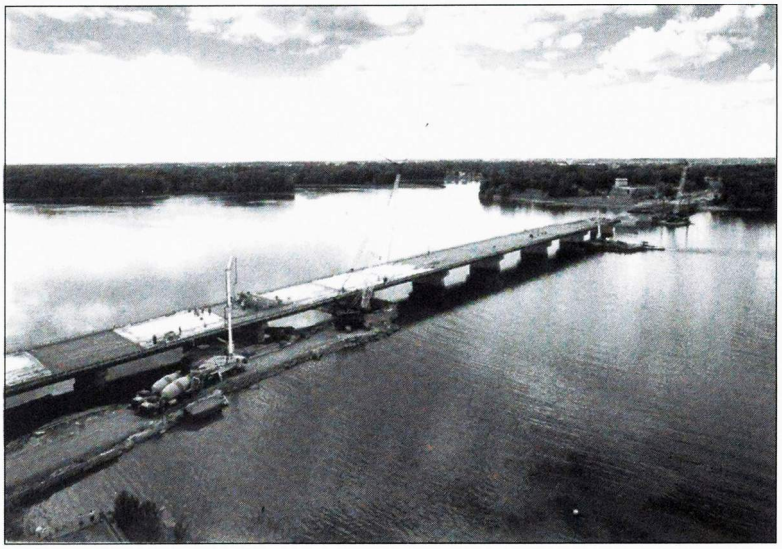
La démarche de communication

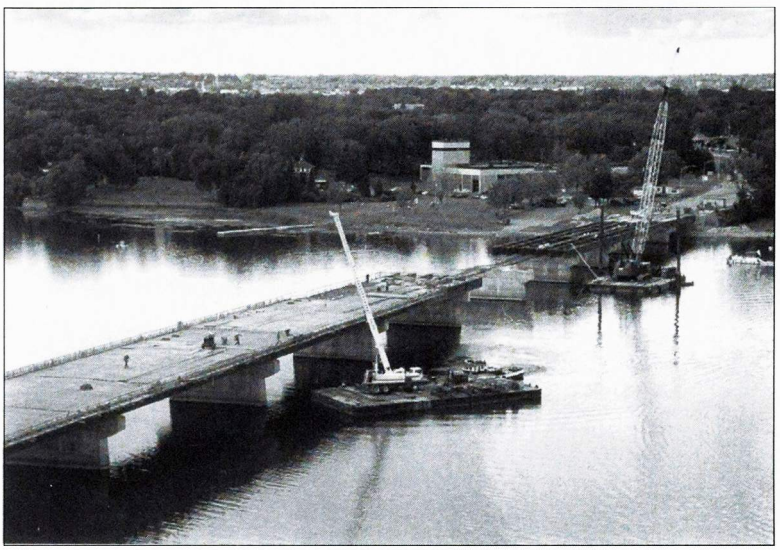
Les abords du pont Marius Dufresne comptent plusieurs commerces autant du côté de Rosemère que ceux de Laval. Le MTQ en collaboration avec les municipalités concernées a donc organisé deux demi-journées d'échanges et d'information au mois d'avril dernier, spécifiquement à l'intention des commerçants. Lors de ces rencontres, on a expliqué les mesures de maintien de circulation mises sur pied à l'intention de la population pour l'aider à se déplacer et on a répondu aux nombreuses questions que soulevait ce chantier.

Un document d'information sur le projet de reconstruction du pont, tiré à 70 000 exemplaires, a été distribué dans les foyers de Laval et de la rive Nord. Ce document a rejoint directement les usagers touchés par les travaux. Quelques journaux locaux du territoire, de Laval jusqu'à St-Jérôme, l'ont inséré dans leur parution hebdomaire. De plus, les commerçants ont pu profiter de l'occasion pour annoncer la programmation de leur festival d'été dans cet envoi de masse du ministère.

En effet, les commerçants des deux municipalités se sont pris en main et ont organisé un festival et de nombreuses activités pour attirer la clientèle pendant toute la durée des travaux et contrer les impacts négatifs de la fermeture du pont. Le fait de se regrouper et d'élaborer une stratégie commune a contribué à minimiser les pertes.







Afin de bien faire connaître les mesures de maintien de circulation mises sur pied et les travaux, un kiosque d'information a été présent au début mai au centre d'achat Place Rosemère. Ce kiosque organisé conjointement par le MTQ, le conseil intermunicipal de transport des Basses-Laurentides et le chemin de fer St-Laurent et Hudson a été fort apprécié.

Les mesures d'atténuation

De nombreuses mesures d'atténuation, mesures conçues pour l'usager afin de l'aider à se déplacer lorsqu'un chantier cause des inconvénients à la circulation, ont été mis en place. Dans le cas de la reconstruction du pont Marius-Dufresne, un montant de plus de un million de dollars a été consacré à ces mesures. Parmi les mesures d'atténuation qui ont été retenues, voici les plus importantes:

Pour le chantier concerné, l'axe le plus rapproché permettant la traverse de la rivière des Mille-Iles

s'avère être l'autoroute 15. Une quatrième voie de circulation a donc été rajoutée sur l'autoroute 15. Il a alors été permis de rouler sur l'accotement entre la route 117 et l'autoroute 640 aux heures de pointe du lundi au vendredi.

De plus, une voie réservée à contresens sur l'autoroute 15 en direction nord a été mise en opération aux heures de pointe du matin. Cette voie était réservée aux autobus scolaire et aux autobus de transport en commun.

Un service de navette ferroviaire a été mis sur pied entre Blainville et la gare Jean-Talon à Montréal. Ce service de navette a débuté le 12 mai dernier et s'est poursuivi pendant toute la durée des travaux. La navette desservait six gares soit celle de Blainville, Ste-Thérèse, Sainte-Rose, Saint-Martin (Laval), Henri-Bourassa et Jean-Talon à Montréal. Plus de 3000 passagers ont choisi de prendre le train pour se rendre à leur travail dès la première semaine de mise en service de ce dernier. Pour promouvoir l'utilisation du train, celui-ci a été offert gratuitement lundi le 2 juin. Près de 1500 personnes ont utilisé ce moyen de transport cette journée là. Au mois d'octobre, une nouvelle gare s'est rajoutée soit celle de Rosemère. Le service de train se poursuit actuellement au grand plaisir des gens du milieu.

A compter du mois d'août, les usagers ont pu bénéficier d'une amélioration à l'échangeur des autoroutes 13 et 640 ce qui a favorisé le transfert de la circulation de l'autoroute 15 vers la 13.

Enfin, les cylistes et piétons n'ont pas été oubliés. Un service de navette fluviale a été mis en service à leur intention afin de relier les municipalités de Rosemère et Laval. Cette navette a été opérationnelle du matin jusqu'au soir, 7 jours par semaine et pouvait transporter une douzaine de passagers et leurs bicyclettes. Du 28 juin au 22 septembre, un total de 13 694 personnes ont utilisé la navette soit 5982 piétons et 7712 cyclistes. On a observé une pointe à la fin du mois de juillet avec près de 1500 personnes par semaine.

Principes directeurs

Un chantier d'une telle envergure n'aurait jamais pu se réaliser sans la collaboration constante des partenaires. L'expertise de ceux-ci, leur connaissance du territoire furent un atout important pour choisir les mesures d'atténuation adéquates et pour l'élaboration du plan de communication. Face à un projet de ce type, il est essentiel d'expliquer clairement dès le début la nature des travaux, leur impact sur la circulation et les mesures d'atténuation. Les nombreux partenaires doivent être impliqués dès le début ce qui leur permet de mieux comprendre le projet et de s'adapter plus facilement aux changements à venir. Cette importante démarche compte pour beaucoup dans le succès du projet.



Pourquoi ne dit-on jamais « être en santé comme un chien » ?

Personne ne semble croire que des activités quotidiennes comme promener son chien font partie des meilleurs exercices qui soient. Et pourtant ! Ces quelques pas dans les rues de votre voisinage sont aussi bénéfiques pour vous que pour votre fidèle compagnon. Le plaisir qu'il en retire devrait vous en dire long sur les bienfaits de cette marche. Au moins trente minutes d'activité par jour, ça vous « dresse » la santé ! Et si vous n'avez pas de chien, ne vous tenez pas en laisse pour autant : faites votre marche quotidienne, nom d'un chien !

Défi santé : notre responsabilité à tous!™ avec PARTICIPACTION MD

LA RÉNOVATION DU RÉSEAU DE MÉTRO INITIAL DE LA STCUM

par Claude Berthiaume
et Marc Bélanger

Les éléments du programme présentés dans cet article sont principalement tirés du rapport justificatif-synthèse préparé par le Service de la planification et des services techniques de la Direction exécutive Construction et entretien majeur et du Service de la planification financière et du budget de la Direction exécutive Finances de la STCUM.

Le présent article fait le point sur le programme de rénovation du réseau inital de métro de la Société de transport de la Communauté urbaine de Montréal (STCUM). Le programme a été mis sur pied en mars 1997 et comprend des travaux majeurs de rénovation dans plus de 26 stations du réseau.

Dans son discours du budget au mois de mars 1997, le Ministre des finances du Gouvernement du Québec, Monsieur Bernard Landry, annoncait un investissement de 60 millions $ pour la rénovation du réseau initial de métro de la STCUM. Cette intervention était rendue nécessaire étant donné l'état de détérioration des installations et des équipements du métro.

Claude Berthiaume
Directeur de projets, Programme de rénovation des stations - STCUM
Marc Bélanger
Conseiller, Service du développement - STCUM

Le contexte

Le réseau initial du métro a été inauguré en 1966. Il comprenait alors 24 stations et un matériel roulant de 336 voitures. Le réseau se composait de deux lignes soit la ligne 1 verte, des stations Atwater à Frontenac et la ligne 2 orange de Henri-Bourassa à Bonaventure. Le centre opérationnel de tout le réseau de métro, soit le Centre de contrôle Providence a aussi été construit à la même époque.

Aujourd'hui, le réseau a été étendu à 65 stations avec le dernier prolongement construit en 1988 (ligne 5). Le matériel roulant est maintenant de 759 voitures.

Entre 1966 et aujourd'hui le réseau de métro de la STCUM a fait l'objet de plusieurs prolongements :

- 1967 : ajout de 2 stations au réseau initial du métro (Île Saint-Hélène et Longueuil) par la mise en service de la ligne 4 lors de la tenue de l'exposition universelle de 1967 ;

- 1976-79 : prolongement vers l'est de la ligne 1, de la station Préfontaine à la station terminus de Honoré-Beaugrand ; prolongement vers l'ouest de la ligne 1, de la station Atwater à la terminus de Angrignon ; mise en service du matériel roulant de 2e génération (423 voitures MR-73) ;

- 1980-86 : ajout de la ligne 5, au réseau de métro avec 5 stations (de Saint-Michel à De Castelnau) ; prolongement vers l'ouest de la ligne 2, de la station Lucien-L'Allier à la station Place Saint-Henri ; prolongement vers le nord-ouest de la ligne 2, de la station Place

Saint-Henri à la station terminus Côte-Vertu ;

• 1987-88 : prolongement vers l'ouest de la ligne 5, de la station Parc à la station Snowdon.

Les infrastructures du réseau de métro comprenant les tunnels, les stations, les édicules, les ateliers de service pour l'entretien du matériel roulant et les installations fixes représentent un actif évalué à 4 milliards de dollars.

La situation actuelle des infrastructures

Le matériel roulant et les infrastructures du réseau initial du métro auront bientôt atteint l'âge de 30 ans. Initialement, la durée de vie des premières installations avait été estimé à 40 ans, période sur laquelle le financement initial a été étalé. Aujourd'hui, le constat est que cette durée de vie a été nettement surestimée dans certains cas.

Plusieurs éléments du réseau nécessitent des interventions majeures pour les maintenir en bon état et assurer la sécurité des utilisateurs.

Les voitures, les escaliers mécaniques, les équipements électriques, les réseaux de câblage de puissance et de télécommunication, l'éclairage et la signalisation devront être rénovés au cours des prochaines années.

Quant au patrimoine immobilier, la durée de vie utile des diverses composantes des bâtiments est variable et ces derniers nécessitent des interventions majeures pour leur permettre d'atteindre la fin de la durée de leur vie utile ou encore pour la prolonger.

L'âge moyen du parc immobilier est avancé et son état se dégrade de façon progressive au cours des ans.

L'entretien régulier du patrimoine immobilier ne suffit plus à assurer un fonctionnement adéquat et un maintien des infrastructures du réseau initial dans un état satisfaisant. L'entretien des installations vieillissantes du métro pose un problème important puisque, dans plusieurs cas, la construction de nouvelles installations est impensable en raison du coût élevé.

Enfin, en plus du vieillissement des actifs physiques, la désuétude de certaines composantes technologiques nécessite également des interventions. Les systèmes de contrôle et communication, les installations fixes (ex: ventilation) et le matériel roulant sont au nombre des éléments pour lesquels des interventions doivent être réalisées.

L'identification des besoins

Au cours des cinq dernières années, la STCUM a investé environ 20 millions $ dans des travaux majeurs de rénovation des infrastructures du métro. La moitié des interventions se sont concentrées dans les tunnels, l'autre partie a été réalisée dans les stations et les édicules.

En 1991, la STCUM procédait à la mise sur pied d'un programme d'évaluation des différentes composantes de bâtiment du métro (stations, accès des bâtiments, tel que l'électricité, la mécanique, la structure, l'architecture et l'aménagement extérieur). Plusieurs interventions prioritaires doivent être effectuées pour maintenir l'intégrité des bâtiments en fonction du cycle de vie des composantes ou en fonction de leur niveau de détérioration. Le degré de sévérité des détériorations des composantes a été évalué et un exercice de priorisation des interventions a été effectué sur la base de ces évaluations.

En plus de l'évaluation des composantes des bâtiments du métro, un volet impliquant le remplacement des escaliers mécaniques a été mis de l'avant. Jusqu'en 2001, la STCUM remplacera les 79 escaliers mécaniques Westinghouse de première génération qui ont été installé il y a une vingtaine d'année dans 19 stations de métro. Coûts des travaux : 35 millions $ dont 24 millions proviennent du ministère des Transports du Québec. La STCUM possède le plus grand parc d'escaliers mécaniques au Québec.

Le contexte financier

Malgré des besoins de plus en plus urgents, la STCUM fait face à un contexte de compressions budgétaires depuis les cinq dernières années.

En 1992, le Gouvernement du Québec annoncait son retrait du financement de l'exploitation du transport en commun. Ce retrait a alors entraîné une augmentation de 150 millions $ des contributions des municipalités de la CUM au transport en commun. Pour leur part, les municipalités également aux prises avec une diminution du soutien financier de Québec, ont diminué leur contribution au transport en commun de 35 millions $ depuis 1994.

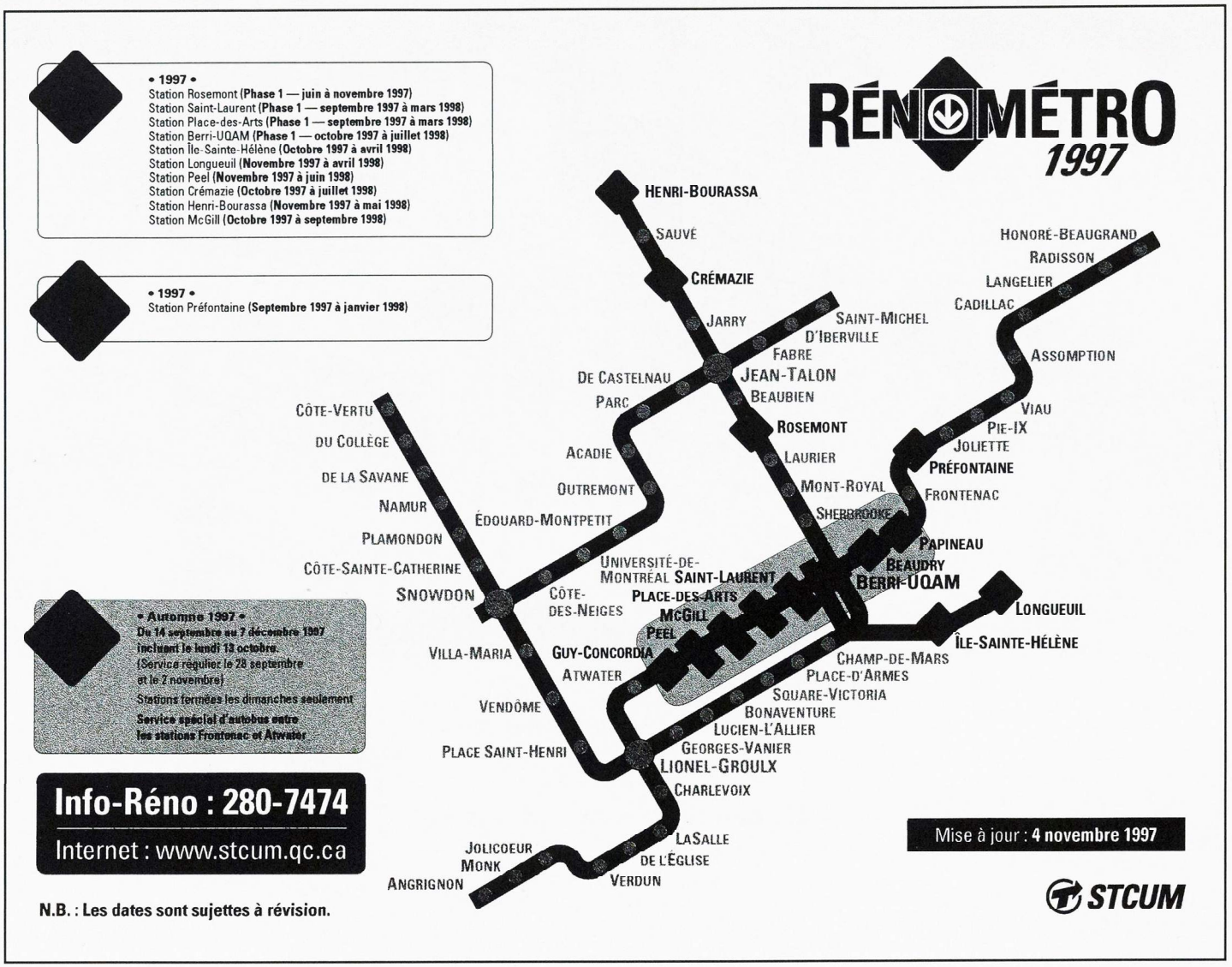
Devant cette situation et pour combler la diminution des contributions, les utilisateurs ont été grandement mis à contribution pour compenser le désengagement des autres partenaires. Ces derniers ont été victimes d'augmentations successives des tarifs depuis quelques années.

Le programme de rénovation des stations

Le programme de rénovation touche principalement l'aspect des bâtiments des stations de métro du réseau initial et du Centre de contrôle Providence. Le programme ne touche pas l'achat ou le remplacement d'équipement, de mobilier, la construction de nouvelles stations de nouveaux accès (tunnels).

Le programme couvre la réfection de tout le bâtiment extérieur et intérieur en fonction des cinq volets suivants :

• le maintien en bon état du patrimoine immobilier ;



• le développement de deux terminus (Rosemont et Mont-Royal) ;

• l'amélioration de l'accessibilité du réseau régulier ;

• le rafraîchissement de l'aspect visuel des stations;

• les besoins de préparation pour la réalisation des projets touchant le réseau de métro (ex : système de vente et perception, projets reliés à la sécurité des usagers).

Le programme de rénovation des stations de métro du réseau initial cible principalement les quatre premiers éléments. Le programme vise exclusivement la réfection des stations pour les remettre en bon état en maintenant leur forme actuelle.

Cependant, le programme englobe le réaménagement de terminus à l'extérieur de certaines stations de métro du réseau initial soit les édicules Rosemont et Mont-Royal. Ces édicules mis en service en 1966 étaient, à l'origine, considérés comme temporaires et devaient être démolis et remplacés au moment d'un développement commercial sur chacun des sites. Cependant, aucun projet ne s'étant réalisé à ce jour, les édicules originaux sont toujours en place.

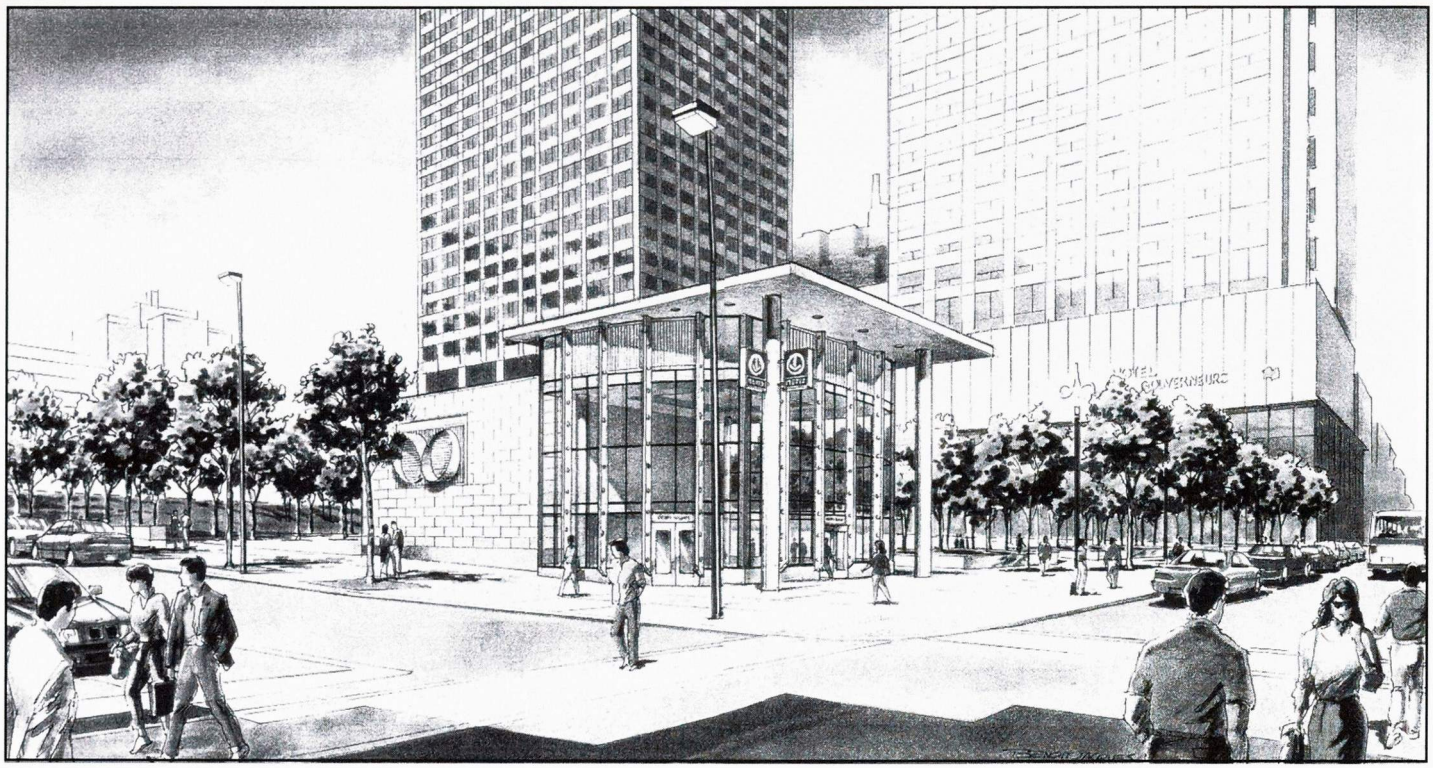
La durée du programme et les partenaires impliqués

Les engagements financiers pour réaliser le programme de rénovation des stations de métro du réseau inital et du Centre de contrôle Providence seront affectés au cours de la période 1997 et 1998 ou dans un délai de 24 mois après son approbation.

Le Programme de rénovation des stations du métro a été rendu possible grâce à la participation du Gouvernement du Québec (ministère des Transports), l'Agence métropolitaine de transport et la STCUM.

Les objectifs suivis par le programme de rénovation

Les objectifs principaux poursuivis par le programme de rénovation des stations du réseau inital et du Centre de



Édicule Square Berri

contrôle Providence sont les suivants :

- procéder à la restauration complète des composantes de bâtiments détériorés ou en voie de détérioration pour éviter ainsi toute intervention majeure de même nature pour au moins les 10 prochaines années après la réalisation des travaux ;

- favoriser et faciliter l'usage du transport en commun en offrant un service accessible ainsi que des conditions d'attente adaptées aux besoins de la clientèle notamment par l'ajout de portes-papillons aux accès et de bancs ;

- conserver le potentiel de développement que présente le site (station et/ou édicule) et harmoniser son usage au développement futur projeté ;

- intégrer les projets à l'étude ou en cours de réalisation au programme de rénovation afin d'avoir une vision globale du réseau.

La description des travaux de rénovation

Les sites couverts par le programme de rénovation des infrastructures sont le Centre de contrôle Providence et les 26 stations du réseau du métro initial. Pour 1997, ce sont 11 stations qui seront touchées par les rénovations, dont 7 stations feront l'objet de travaux en tunnel.

Les édicules (accès) temporaires de certaines stations de métro du réseau initial feront partis du programme de rénovation des infrastructures, soient les 10 édicules suivants :

- édicule Saint-Catherine (station Berri-UQAM, lignes1 et 2) (nouvelle construction)

- édicule Laurier (station Laurier, ligne 2) (nouvelle construction)

- édicule Saint-Laurent (station Saint-Laurent, ligne 1) (rafraîchissement, potentiel d'intégration)

- édicule Jean-Talon (sud) (station Jean-Talon, ligne 2) (rafraîchissement, potentiel d'intégration)

- édicule Sauvé (sud) (station Sauvé, ligne 2) (rafraîchissement, potentiel d'intégration)

- édicule Beaudry (station Beaudry, ligne 1) (rafraîchissement et potentiel d'intégration)

- édicule Frontenac (station Frontenac) (nouvelle construction)

- édicule Place-des-Arts (nord et sud) (station Place-des-Arts, ligne 1) (rafraîchissement, potentiel d'intégration)

- édicule Papineau (station Papineau, ligne 1) (nouvelle construction)

Le plan de communication

Enfin, pour réaliser un programme d'une telle envergure, la STCUM s'appuie sur un plan de communication efficace. Différents moyens ont été retenus pour informer les usagers et les résidants des secteurs concernés, dont la mise en service de la ligne Info-Réno, le 280-7474.

UNE APPROCHE INTÉGRÉE ET GRAPHIQUE POUR LA RÉHABILITATION DES CHAUSSÉES

par Claude E. Bruxelle
Sylvain Boudreau
Gabriel J. Assaf

Les administrations routières sont sans cesse confrontées à des problèmes de gestion des chaussées de plus en plus complexes. Des tronçons majeurs de l'infrastructure ont un besoin urgent de réhabilitation ou de reconstruction et des décisions doivent être prises efficacement en fonction des besoins du réseau et des ressources financières disponibles.

Afin de prendre des décisions éclairées, les gestionnaires de réseaux routiers peuvent tirer avantage des développements technologiques dans le domaine des systèmes d'information géographique (SIG) et des technologies reliées qui ont des applications en gestion routière.

La capacité de visualiser à l'écran la localisation géographique des sections des chaussées, des infrastructures environnantes et sous-jacentes, et d'établir la relation entre la représentation graphique et les données externes pour gérer l'information nécessaire à la planification, l'ingénierie et les opérations représente un intérêt certain pour les gestionnaires.

La puissance de raisonnement géographique incluse dans les SIG a le potentiel de devenir, dans le futur, une composante centrale et indispensable dans la stratégie d'information globale des administrations routières.

Cet article présente la documentation pertinente aux systèmes d'information à référence spatiale en rapport avec la gestion des chaussées et des infrastructures. Il repose sur une recherche bibliographique effectuée à partir des banques de données Compendex Plus+ *et* Applied Science & Technology Abstracts (ASTA)+, *ainsi qu'une exploration des sites WWW spécialisés en transport et en systèmes d'information géographique, accessibles via Internet.*

Claude E. Bruxelle, ing., B.Ing., Étudiant à la maîtrise à l'E.T.S.
Sylvain Boudreau, B.Ing., Étudiant à la maîtrise à l'E.T.S.
Gabriel J. Assaf, ing., B.ing., M.ing., Ph.D., professeur à l'E.T.S..

Les systèmes

Système d'information géographique (SIG)

Bien que le concept des systèmes d'information géographique (SIG) ait vu le jour au milieu du XVIII[e] siècle, il a, au cours des trente dernières années, pris son apogée avec les innovations technologiques en matière d'informatique. Les SIG sont des systèmes de gestion munis d'outils automatisés qui permettent d'entrer, sauvegarder, traiter et analyser des données pertinentes à la localisation géographique d'un réseau, et de représenter ces informations sous une forme graphique facilement compréhensible.

Ce sont des systèmes de gestion des données spécialement développés pour traiter des informations spatiales, qui consistent en des entités, des noeuds et des liens localisés dans l'espace.

Système de gestion pour une réhabilitation optimale des chaussées (IPMS)

Selon Hass et ses collègues[1] les IPMS (Integrated Pavement Management System) sont des systèmes comprenant un ensemble d'outils ou de méthodes qui peuvent aider le preneur de décision à trouver la meilleure stratégie technico-économique pour obtenir, évaluer et conserver les chaussées en bonne condition. Ces activités varient de l'acquisition d'information de base jusqu'à la planification, la programmation et l'exécution d'une nouvelle construction, entretien ou réhabilitation sur une période de temps définie et sujettes à certains critères et contraintes. Les IPMS contiennent les données des différents segments de chaussées (classification, état, caractéristiques, propriétés, indices, etc.).

Plus précisément, ils permettent:

- L'établissement d'une base de données d'inventaire sur les chaussées et les infrastructures dépendantes en terme de synergie d'intervention
- l'évaluation des données sur l'état actuel des chaussées;
- la représentation des informations géo-référencées;
- la génération de stratégies et d'alternatives;
- l'élaboration d'outils d'analyse des besoins;
- le développement d'un cadre pour établir un ordre de priorités décroissantes;
- l'élaboration des rapports et graphiques;
- la génération d'outils de suivis de performance;
- la modélisation du comportement;
- la répartition des capitaux entre entretien et réhabilitation.

Application d'un SIG à un IPMS

Un système aussi complexe qu'un IPMS nécessite une visualisation des données pour représenter graphiquement toutes les caractéristiques des multiples sections du réseau.

L'application d'un SIG à un IPMS permet de visualiser la localisation géographique des sections des chaussées et des infrastructures environnantes et sous-jacentes, et d'établir la relation entre la représentation graphique et les données externes pour gérer l'information nécessaire à la planification des diverses stratégies de héhabilitation.

Le résultat consiste en un système qui regroupe:

- un module de base de données spatiales qui contient les données géographiques d'une région;
- un module de base de données d'attributs où l'on retrouve les données représentatives d'un réseau;
- un module d'analyses sous forme de programmes qui génèrent des analyses générales et spécialisées;
- un module de sortie qui permet la visualisation des informations, par exemple, la présentation à l'écran, la production de rapports écrits prêts à imprimer des résultats de l'analyse, etc.

Module de base de données spatiales

Une base de données géographiques est utilisée pour fournir les données numériques permettant de localiser les segments de route de la région ou de la ville. Ces opérations sont réalisées avec un logiciel d'encodage géographique selon trois caractéristiques principales: la position, la description et la variation dans le temps, pouvant être structurées sous forme vectorielle ou matricielle (*raster*).

Cette base de données contient des données graphiques qui sont nécessaires pour l'affichage de l'état actuel et futur du réseau et de chaque section pour différentes pratiques de réhabilitation. Ces données géo-référencées existent sous plusieurs formats tels que cartes, tables d'attributs, fichiers informatiques, photographies aériennes, images satellites et informations sur le terrain. L'entrée de ces données peut s'effectuer de différentes façons:

- au clavier pour les attributs;
- par transfert de fichiers pour les fichiers informatiques;
- par numérisation manuelle pour transcrire les informations géographiques d'une carte avec une table digitalisante;

- par lecteur optique (*scanner*) pour lire automatiquement une carte et vectoriser l'information;

- par restituteur photogrammétrique pour extraire les informations tridimensionnelles à partir de photographies aériennes;

- par coordonnées géométriques (COGO) pour créer des vecteurs à partir de relevés de terrains topographiques;

- par système de positionnement global (GPS) pour capter l'information spatiale directement en format électronique à partir de récepteurs satellites;

- par caméra digitale, capteur satellite, capteur radar et dispositif d'images infrarouges pour capter des images *raster*.

Module de base de données d'attribut

La base de données des attributs contient les informations non géographiques qui identifient les caractéristiques géographiques. Elle est établie en utilisant les données fournies par les municipalités ou les organismes de transport. Ces données, textuelles alphabétiques, numériques ou alphanumériques sont également appelées attributs. Les attributs des infrastructures sont:

- structure de la chaussée (données historiques de la construction, données géométriques et portance);

- caractéristiques des sols et du drainage;

- caractéristiques fonctionnelles des chaussées (défauts de surface, uni longitudinal, orniérage, adhérence, texture superficielle, imperméabilité du revètement, propriétés génératrices de bruit);

- conditions de circulation (enquête de trafic, durée du déplacement, inventaire des accidents);

- coûts et bénéfices (coût de l'entretien, coût des usagers, coûts sociaux).

Une structure de données géo-relationnelles établit le lien entre les deux bases de données. La configuration la plus répandue consiste en des systèmes où la base de données géographiques et celle des attributs de la chaussée sont maintenues séparées à l'intérieur du système. Les bases de données peuvent être reliées par le programme de contrôle lorsque le lien est requis. Ce lien est effectué par un numéro de référence commun dans les deux bases de données. L'avantage majeur de cette connexion dynamique entre les deux bases de données s'explique par le fait que chaque base de données peut être mise à jour, voire même modifiée séparément, pour refléter tous les changements des conditions géographiques et des caractéristiques des chaussées.

Modules d'analyses

Les outils d'analyse sont des fonctions permettant de manipuler les données pertinentes afin d'en tirer les renseignements utiles pour déterminer les meilleures recommandations de réhabilitation. Ces outils peuvent par exemple, générer des statistiques, produire des graphiques, faire des analyses économiques coût-bénéfice, produire des arbres de décision et estimer des taux de détérioration.

Un système intégré doit être suffisamment flexible pour utiliser des outils d'analyse modulaires pouvant facilement être modifiés. Ces derniers sont indépendants de la base de données et développés selon les besoins spécifiques du gestionnaire du réseau tel que montré dans la représentation schématique à la figure 1 ci-dessous.

Une étude publiée dans une revue du NCHRP[2] identifie six catégories de fonctions pour le traitement des données et l'analyse spatiale:

Fonctions de mesure

Les mesures spatiales indiquent les propriétés telles que les distances entre deux éléments, les périmètres, les superficies, les centroïdes, etc.

Analyse de proximité

Les fonctions d'analyse de proximité créent des zones d'intérêt autour de

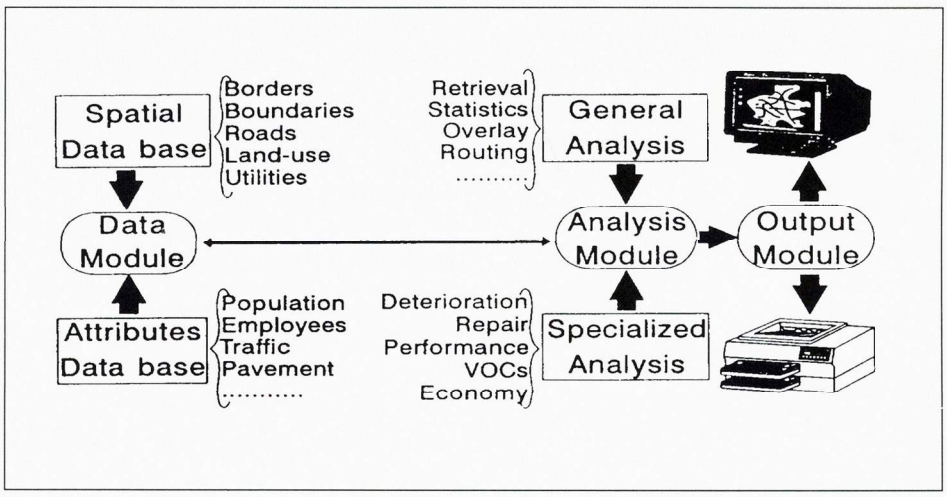


Figure 1

certains sites géographiques choisis, et peuvent faire ressortir certains attributs ou générer de nouvelles caractéristiques. D'autres fonctions peuvent intégrer des caractéristiques de voisinage et de regroupement. Cette dernière identifie notamment les éléments géographiques qui répondent à des caractéristiques spécifiées par l'opérateur: par exemple, les routes régionales où l'indice de qualité est inférieur à une valeur déterminée.

Traitement matriciel (*raster*)

Ce traitement contient deux catégories de fonctions.

Premièrement, l'analyse cartographique qui intègre des caractéristiques géographiques sur différentes couches afin de produire une nouvelle caractéristique répondant à certaines particularités. Ces couches représentent les conditions du sol, l'utilisation du terrain et les élévations, et permettent la création de nouvelles variables.

Deuxièmement, l'analyse numérique des images obtenues par satellite ou par photographies aériennes numérisées qui est de plus en plus employée dans les SIG. Ces images enregistrent les caractéristiques spectrales de la surface de la terre où l'information est extraite par des techniques variées.

Analyse de la modélisation de surface

La fonction d'analyse de surface calcule des élévations du sol, génère des courbes de niveau, calcule des pentes et des volumes de déblais-remblais et fait ressortir toutes les caractéristiques physiques (colline, vallée, falaise, drainage, etc.).

Analyse de réseau

L'analyse de réseau constitue un élément majeur des applications en transport. Deux fonctions d'analyse importantes ont été identifiées.

Premièrement, la segmentation dynamique qui associe les données d'attributs du réseau qui sont référencées linéairement avec des données topologiques et qui calcule des coordonnées à référence linéaire.

Deuxièmement, la couche réseau qui est une fonction d'intégration des données d'attributs des routes qui autorise une relation spatiale en joignant deux séries d'attributs par un tri combiné des références linéaires.

Module de sortie

Les informations obtenues sont présentées sous une forme visuelle facile à interpréter. De nombreuses fonctions permettent une présentation vivante des conséquences sur l'état de la surface de différentes politiques de réhabilitation sous forme de génération de rapports, d'affichage vectorisé sur fond matriciel, d'affichage tridimensionnel, d'impression de multiples cartes et d'animation de développement des défauts.

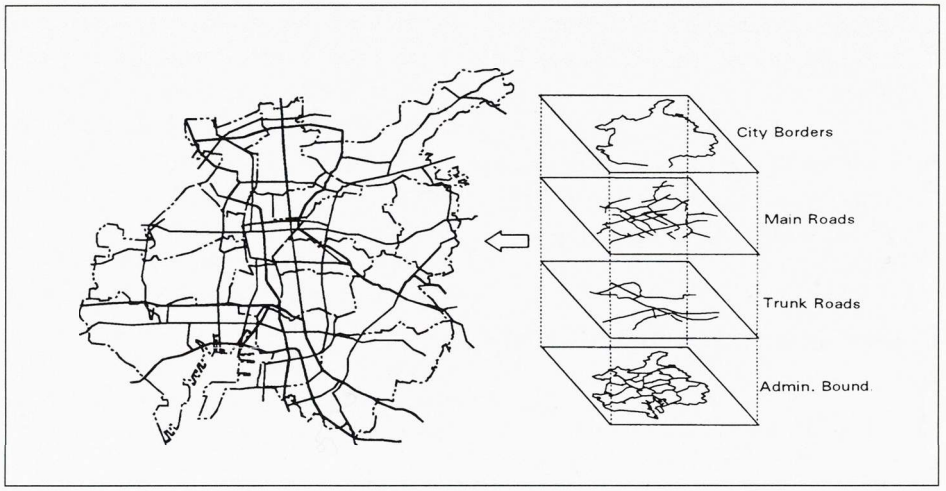


Figure 2

La segmentation linéaire et la couche réseau assurent l'analyse spatiale et l'intégration de l'inventaire des bases de données de routes et autres bases de données qui sont référencées linéairement.

La couche d'étude du polygone

Cette opération combine les bases de données spatiales et leurs attributs. Cette fonction coupe des lignes en segments d'après les limites des intersections. Par exemple, elle est utilisée pour délimiter le nombre de lots industriels dans une ville ou pour identifier quelles sections d'une route desservent une certaine région.

Plate-forme et logiciels

Les logiciels de SIG ont été développés sous l'environnement Unix et les versions les plus complètes fonctionnent sur cette plate-forme. Les systèmes d'exploitation DOS/Windows et Win95 supportent des logiciels de plus en plus exigeants, rendant possible l'opération de logiciels de grande capacité.

Sous l'environnement Unix, les logiciels les plus populaires sont Arc/Info, Intergraph, MapInfo, Deltamap/Genamap et Spans, alors que sous Windows, on retrouve PC Arc/info, ArcView, ArcCad, MicroStation

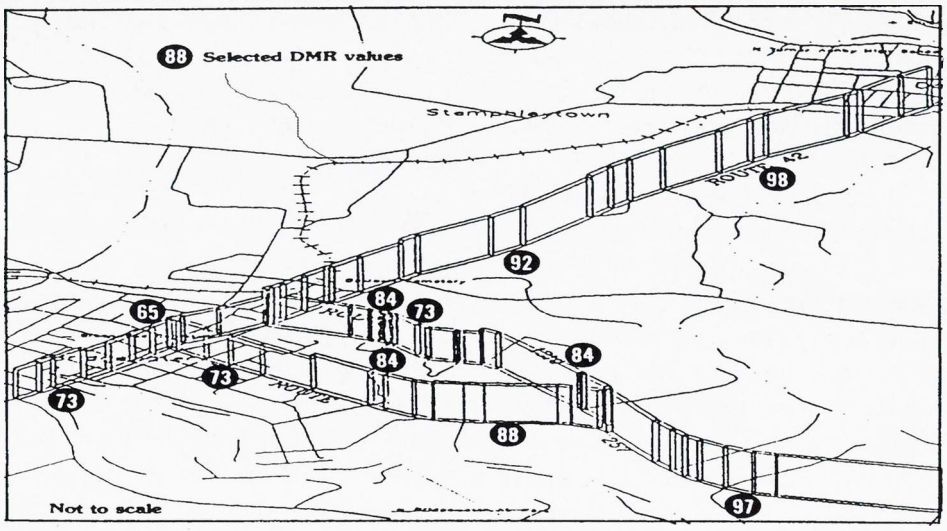


Figure 3

GIS-Office MGE, Spans, IDRSI et Tims.

Quant aux logiciels de base de données, ceux à structure relationnelle sont plus appropriés que ceux à structure hiérarchique. Les plus courants sont Oracle, Access et Rbase.

D'après la documentation consultée, plusieurs administrations routières exploitent le logiciel PC-ARC-INFO, un logiciel de SIG développé par l'Institut de Recherche en Système Environnemental (Environmental Systems Research Institute inc. ESRI).

Les ordinateurs munis d'un processeur pentium avec un minimum de 200 Mo de disque rigide suffisent aux besoins de l'application.

Stucture du système

Tous les systèmes de gestion possèdent des éléments communs tels un processus d'acquisition et de mise à jour des données, une base de données, des outils d'analyse, des éléments d'informations spécifiques, un système d'information géographique, une interface graphique, des modèles d'analyse coût-bénéfice, des modèles d'optimisation.

L'utilisateur entre dans le système en utilisant une interface fonctionnant avec des menus conviviaux. L'interface prend toutes les commandes de l'utilisateur pour mettre en marche les programmes écrits dans PC-ARC-INFO. En effet, le logiciel utilise un langage macro, c'est-à-dire qui répond à des macro-commandes pré-programmées.

Les modules de fonctions tels que dessins, étiquetages, recherches, listes, applications, utilitaires, éditions et présentations sont raccordés au programme de contrôle. Les rapports imprimés apparaissent sous différentes formes: cartes, conditions de chaussées, rapports divers, statistiques avec histogrammes.

Réflexion avant l'implantation du sytème

Avant de se lancer dans l'implantation d'un SIG appliqué à la gestion des chaussées, il est nécessaire de se questionner sur le contexte organisationnel entourant cette prise de décision.

Questions financières

Les coûts globaux doivent inclure l'acquisition des ordinateurs, des logiciels, le temps alloué au personnel, à la formation, au développement de la base de données spatiale et à la gestion des données.

Engagement de la direction

L'engagement des ressources budgétaires nécessaires et le soutien continu de la part des décideurs doivent être acquis. Une présentation de qualité et quelques bons exemples d'implantation et de rentabilité faciliteront l'engagement des élus.

Questions de ressources humaines

Certains organismes de transport engagent des firmes de consultants pour le développement de leur système SIG-IPMS. Une dépendance à une expertise extérieure doit se limiter à une période de transition lors du transfert technologique.

Ensemble technologie et organisation

Avec les nouvelles technologies actuellement sur le marché, il est primordial de pouvoir compter sur des ressources humaines à l'interne qui soient familières ou aient la possibilité de le devenir.

Bénéfices pour les administrations

La ville de Grande Prairie en Alberta d'une population de 32 000 habitants, a amélioré de 5% la productivité de sa gestion des chaussées, ce qui correspond à une économie de l'ordre de 300 000$ par année. Cette amélioration apporte un meilleur niveau de service et permet de répondre aux demandes d'entretien toujours croissantes du réseau routier.

Cinq éléments résument les avantages indéniables du système intégré de gestion des chaussées aux autres infrastructures dépendantes en termes de synergie de réhabilitation:

- Le système permet d'augmenter la qualité et la disponibilité des données pertinentes et ainsi améliorer sensiblement le choix des options de réhabilitation;

- Le système permet la production de cartes pour l'utilisation à divers stages du processus de gestion, commençant par l'analyse préliminaire et terminant par la présentation des résultats et la préparation de la programmation des travaux.. Etant donné que les cartes et les graphiques sont plus simples à comprendre et analyser, cette approche fournit une base pour prendre de meilleures décisions et de ce fait, rend l'appui des dirigeants plus facile;

- La puissance du système spatial, sa capacité d'analyse et la possibilité de rendre des présentations d'images permet une interaction entre les usagers et le système pour une analyse détaillée;

- L'intégration des données spatiales aide les usagers à considérer divers types de données dans leur analyse, ce qui peut élargir la portée du processus décisionnel;

- La considération de plusieurs caractéristiques telles égouts, aqueduc, gaz, électricité, etc. doit donc être incorporée dans un système de gestion élargie. Il pourrait ainsi en résulter une meilleure coordination entre les diverses activités de réhabilitation.

Développements futurs

Le secteur des technologies de l'information est en pleine effervescence. Les développements nombreux et rapides, notamment les travaux reliés à la technologie spatiale, comme la télédétection et le positionnement par satellite, sont très prometteurs. La mise au point de divers prototypes de véhicules intelligents (*Intelligent Vehicle Highway Systems* IVHS) représente un champ d'évolution remarquable pour les SIG.

Au niveau des logiciels, l'approche système expert utilise une combinaison de concepts, de procédures et de techniques qui proviennent des plus récentes recherches des experts dans le domaine. La technologie d'un système expert basé sur la connaissance peut aider significativement le processus de gestion parce que le système fait la récolte systématique, l'encodage et l'application rigoureuse des connaissances.

Une grande partie des connaissances pratiques et heuristiques non publiées repose sur le savoir des gestionnaires d'expérience. La saisie et l'encodage de cette information apporteraient une aide énorme à la gestion des chaussées.

Conclusion

L'étude des documents extraits pour cet article fait ressortir que le SIG est, ou deviendra rapidement, une partie intégrante des systèmes intégrés de gestion des chaussées. Comme le démontre notre recherche, cette union est réalisable. L'adaptation d'un GIS avec un IPMS est prometteuse puisqu'elle peut contribuer à l'amélioration de la qualité du processus de décision, et engendrer des bénéfices importants pour les gestionnaires.

Toutefois, certaines difficultés résident encore dans le processus d'intégration des données. Le coût de l'information étant élevé, le choix de la démarche la plus judicieuse est délicat et ne peut permettre aucune erreur. Pour éviter que chaque service récolte les mêmes données, elles sont sauvegardées et mises à jour localement et rendues disponibles via le réseau informatique. Cette façon permet de partager les coûts résultants de la cueillette des données; par contre, des protocoles de communication et d'intégration des données devront être établis. Le SIG n'est pas une panacée, ni un objectif en soi, mais plutôt un outil complémentaire que tout système de gestion intégré des chaussées ou des infrastructures devrait inclure.

Quant aux logiciels, la série PC Arc/Info semble être la plus répandue. Il demeure toujours qu'avant toute implantation, les objectifs et les besoins doivent être clairement établis pour choisir le système le plus adéquat.

Notes

[1] Hass, R., Hudson, W.R. et Zaniewski, J., *Modern Pavement Management+, Krieger Publishing, Malabar, Floride, 1994.

[2] Vonderohe, A.P., Travis, L., Smith, R.L., et Tsai, V., *Adaptation of Geographic Information Systems for Transportation+, National Cooperative Highway Research Program Report 359, TRB, National Academy Press, Washington, D.C., 1993.

Bibliographie

ADEYINKA, O.A., ET LEE, K.W., *"Integration of a Municipal Pavement Management System with a Geographic Information System"*, Microcomputers in Transportation, ASCE, 1992, p.26-38.

BEAULIEU, D., BÉDARD, Y., BHÉRER, L., BOULANGER, M., BOUTIN, G., ET DUTIL, F., *"Guide de la géomatique"*, Ordre des arpenteurs-géomètres du Québec, Sainte-Foy, 1990.

BRUXELLE, C.E., *"Définition d'un système intégré de gestion des infrastructures civiles"*, Rapport préliminaire du mémoire de maîtrise en génie de la construction, École de Technologie Supérieure (ITS), Montréal, 1997.

CHAKRAVARTHI, S.G., ET GEORGE, P.K., *"GIS Applications in Pavement Management and Transportation Issues"*, Proceedings of the Second International Conference on Road & Airfield Pavement Technology, 1995, Singapour, p.665-673.

CHEN, X., WEISSMANN, J., DOSSEY, T., ET HUDSON, W.R., *"URMS: A Graphical Urban Roadway Management System at Network Level"*, Transportation Research Record No.1397, TRB, 1993, p.103-110.

JOHNSON, B.H., ET DEMETSKY, M.J., *"Geographic Information System Decision Support System for Pavement Management"*, Transportation Research Record No.1429, TRB, 1994, p.74-83.

HASS, R., HUDSON, W.R., ET ZANIEWSKI, J., *"Modern Pavement Management"*, Krieger Publishing, Malabar, Floride, 1994.

Hudson, W. R., Hudson, S.W., *"Pavement Management Systems Lead the Way for Infrastructure Management Systems"*, Third International Conference on Managing Pavements, TRB, p.99-112.

HUDSON, W.R., ZHANG, Z., ET DOSSEY, T., *"GIS Applications in Urban Roadway Management Systems"*, Computing in Civil Building Engineering, v.1, ASCE, 1993, p.730-733.

MARTIN, M., *"Geographic Information Systems for Highway/Sign Maintenance"*, Microcomputers in Transportation, ASCE, 1992, p.72-81.

MEYER, M.D., ET SARASUA, W.A., *"A GIS-Based Program Management System: An Approach to Integrate Transportation Management Systems"*, Microcomputers in Transportation, ASCE, 1992, p.16-25.

MINISTRE DES AFFAIRES MUNICIPALES, *"Système d'information urbaine B référence spatiale"*, Gouvernement du QuJbec, 1984.

MORGAN, R.A., ET FRALEY, M., *"The Use of COGO/GIS in the Route 58 Corridor Development Study: A Case Study"*, Microcomputers in Transportation, ASCE, 1992, p.48-59.

OSMAN, O., ET HAYASHI, Y., *"Geographic Information Systems as Platform for Highway Pavement Management Systems"*, Transportation Research Record No.1442, TRB, 1994, p.19-30.

SARASWATULA, S. R., ET AMIRKHANIAN, S. N., *"Pavement Management Systems -State of the Art"*, Pavement Management Implementation, ASTM STP 1121, American Society for Testing and Materials, 1992, p.47-62.

VONDEROHE, A.P., TRAVIS, L., SMITH, R.L., ET TSAI, V., *"Adaptation of Geographic Information Systems for Transportation"*, National Cooperative Highway Research Program Report 359, TRB, National Academy Press, Washington, D.C., 1993.

ZHANG, Z., DOSSEY, T., WEISSMAN, J., ET HUDSON, W.R., *"GIS Integrated Pavement and Infrastructure Management in Urban Areas"*, Transportation Research Record No.1429, TRB, 1994, p.83-89.

Ne perdez pas les pédales !



Faites souvent 8 km à vélo en 30 minutes et vous vous porterez comme un charme ! C'est simple.

Défi santé : notre responsabilité à tous !™ avec PARTICIPACTION MD

AXOR Experts-Conseils Inc.

membre du Groupe AXOR

1950, rue Sherbrooke Ouest, Montréal (Québec) H3H 1E7
Téléphone : (514) 846-4000 • Télécopieur : (514) 846-4005
e-mail : axor@axor.com

• Travaux d'infrastructures routière, aéroportuaire et ferroviaire •
• Études en transport •

25 ans

CONCEPTION, FINANCEMENT
CONSTRUCTION, PROJETS CLÉS EN MAIN
GESTION DE PROJETS ET OPÉRATION

INDEX DES ARTICLES DES QUATRE DERNIERS NUMÉROS

Vol. 25 numéro 4

Le transport intermodal des marchandises

Bigras Yvon, Fallu Donald, *« La demande de transport de marchandises au Québec et dans ses régions : Caractéristiques et perspectives »*, 23-33.

Cordeau Jean-François, Laporte Gilbert, *« Le transport des marchandises en quelques chiffres »*, Chronique du Centre de recherche sur les transports (C.R.T.), 43-45.

Guilloteau Jean-François, *« Le 75e congrès du Transportation Research Board »*, Chronique du Conseil de la recherche et du développement en transport (C.R.D.T.) 46-47.

Mach Kinh Sanh, *« Transport des marchandises et des matières dangereuses dans la région de Montréal. État de la situation. »*, 34-42.

Marleau Diane, *« Le fret aérien à Montréal »*, 13-22.

Marquis Michel, *« Deux nouveaux systèmes intermodaux pour le transport de marchandises à courte et moyenne distances au Québec »*, 7-12.

Sanchez Rafael, *« L'intermodalité au Québec : Entre le mythe et la réalité »*, Éditorial 5-6.

Vol. 26 numéro 1

La planification des transports

Chapleau Robert, *« La planification des transports faire moins avec mieux ! »*. Éditorial, 6-7.

Chapleau Robert, Vaugeois Serge, Carrier Chantal, Roy Paul-André, Table ronde sur la planification des transports, 28-31.

Crowley David, *« La planification des transports : Est-ce toujours pertinent ?»*, 12-16.

Lamarre Bernard, *« La planification des transports »*, 8-11.

Rice R.G., *« Les nouvelles dimensions et perspectives d'avenir de la planification des transports »*, 17-21.

Simard Odile, *« La planification des transports : Une pratique réductrice et limitée»*, 22-27.

Vol. 26 numéro 2

Les nouvelles technologies en transport collectif

Galella Ottavio,Veilleux Michel, Olivier Robert, Arbic André *« Application des nouvelles technologies de système d'aide à l'exploitation du transport en commun »*, 6-13.

Gonzalez E. Blasco, Ampelas A., *« La billettique des transports en commun. Évolution et perspectives »*, 14-21.

Grondines Jocelyn, *« Le développement des outils d'information à la clientèle : L'expérience de la STCUM »*, 33-41.

Guilloteau Jean François, *« Les autobus électriques »*, Chronique du Conseil de la recherche et du développement en transport (CRDT), 42-44.

Hadj-Mabrouk Habib, *« Méthodes et outils d'aide aux analyses de sécurité dans le domaine des transports terrestres guidés »*, 22-32.

Trottier Pierre, *« Les nouvelles technologies en transport collectif : la nécessité est la mère de l'invention ! »*, Éditorial, 4-5.

Vol. 26 numéro 2

L'étalement urbain et le transport

Beaulé Michel, *« L'urbanisation de la région métropolitaine de Montréal : Un avenir à l'image du passé », Éditorial,* 4-5.

Boisvert André, *« Montréal et la conurbation de Hollande : Deux expériences métropolitaines d'aménagement »*, 16-26.

Desgagnés Pierre, *« Planification des transports, prévision et étalement urbain»*, 27-34.

Gilbert Richard, *« Transport et urbanisation dans la région de Toronto. Défis pour les planificateurs en transport »*, 56-64.

Hanna David B., Ferron Louis-Alain, *« Transport des personnes et développement de la banlieu montréalaise : Une perspective historique »*, 43-55.

Simard Michel, *« L'étalement urbain : Un choix de société »*, 7-15.

Trudeau Alain, *« Quelques facettes de l'étalement urbain »*, 35-44.

Publireportage

Le revêtement d'asphalte, toujours la meilleure solution

Par exemple, les problèmes résultant de la présence d'ornières de surface que l'on retrouve sur certaines routes, ont été résolus de façon définitive par l'usage de granulats angulaires et de bitume haute performance. Effectivement, les routes en asphalte, ausi connues sous l'appellation de «chaussées souples» sont maintenant construites avec des matériaux de haute technologie et selon des méthodes développées par des programmes de recherche scientifique intensifs. Elles sont par conséquent très bien adaptées à la hausse du nombre de véhicules lourds circulant sur notre réseau routier.

Afin de bien répondre aux besoins de leurs usagers, les experts en construction routière des diverses régions du globe doivent choisir avec discernement les matériaux qui entrent dans la composition d'un pavage. Pour ces experts, l'asphalte est le choix évident.

Il est important de souligner qu'aux États-Unis le réseau routier est composé à 95% de routes en asphalte. Les québécois qui circulent sur les superbes routes des états voisins du Vermont, du New-Hampshire et de New York sont en mesure de constater que celles-ci sont entièrement en asphalte. Si nos routes souffrent de la comparaison c'est que la conception et l'entretien font défaut, ... et non l'asphalte.

Les solutions existent et démontrent sans l'ombre d'un doute la supériorité de l'asphalte comme revêtement des chaussées.

Les routes de béton ne coûtent pas moins cher à construire et à entretenir que celles en asphalte. Au contraire. Des études américaines et canadiennes ont établi que sur une période de trente ans, il en coûtait entre 11% et 15% moins cher avec de l'asphalte.

La construction et l'entretien des routes en asphalte s'avèrent plus économiques. Malheureusement, plusieurs routes et autoroutes en béton, dans la région métropolitaine entre autres, ont nécessité des corrections majeures et coûteuses. Heureusement, grâce à la pose d'une couche de roulement en asphalte, les usagers peuvent maintenant y circuler en tout confort et avec une sécurité accrue.

Les routes de béton ne résistent pas mieux aux variations de nos conditions climatiques que celles en asphalte. Les phénomènes biens connus de contraction et de dilatation resultant des grands écarts de température que l'on observe au cours de l'année au Québec, ont un effet négatif très marqué sur des matériaux rigides comme le béton.

Les routes en asphalte vont durer plus longtemps, car les nouveaux bitumes et les nouveaux mélanges asphaltiques maintenant disponibles sont le résultat d'études scientifiques rigoureuses, lesquelles ont été réalisées en tenant compte de conditions réelles de notre rude climat.

La construction et les réparations de routes en asphalte se font plus facilement et plus rapidement - jusqu'à un km et demi par jour. Ce qui réduit au minimum les détournements routiers et les congestions tout en rendant immédiatement la route praticable à la circulation. Il s'agit d'un facteur économique important quand on sait que la fermeture d'une route à la circulation entraîne des coûts estimés à 50,000 $ par heure en perte de temps pour les usagers.

Grâce à une meilleure adhérence entre les pneus et la surface de roulement, les routes en asphalte réduisent les distances de freinage et assurent un meilleur contrôle des véhicules en toutes circonstances. De plus, la surface noire des pavages en asphalte assure une action plus rapide des sels de déglaçage et permet une meilleure visibilité du marquage routier; ces deux éléments sont d'une importance indéniable pour la sécurité de tous.

Comme nous le savons tous, les routes en asphalte sont plus confortables que celles en béton. En effet, les fissures, les bris et les déformations que l'on retrouve sur les pavages en béton ont un effet très négatif sur le confort des usagers. Il ne faut pas oublier bien sûr les chocs et le bruit occasionnés par le roulement sur les joints présents sur toutes les surfaces en béton.

Les routes en asphalte offrent un meilleur confort de roulement en raison de leur surface régulière, uniforme et sans joints. C'est pourquoi elles sont perçues comme des routes de velours. Elles assurent ainsi une usure minimale des pneus, de la suspension et des pièces mécaniques des véhicules. Elles sont aussi moins bruyantes, de 4 à 10 décibels, par rapport aux routes en béton.

Les routes en asphalte protègent mieux l'environnement en étant entièrement recyclables. Cette qualité propre à l'asphalte permet de récupérer facilement des éléments réutilisables et d'ainsi conserver nos ressources naturelles pour les générations futures. De plus, le bitume est un produit chimiquement inerte et non toxique, insensible à l'action des sels de déglaçage.

Tous ces avantages liés aux avancées technologiques en matière de bitume et de nouvelles méthodes de conception et de construction font plus que jamais de l'asphalte le revêtement de route par excellence pour répondre aux besoins spécifiques du Québec et ce, en raison de son climat nordique et de sa géologie particulière. ◆

Bitume Québec

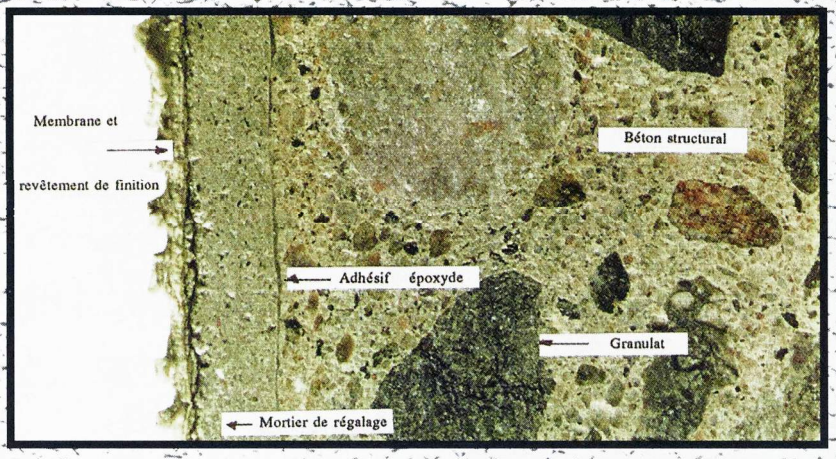
MINISTERE DES TRANSPORTS
QTR A 105 510

Laboratoire de Construction 2000 inc.

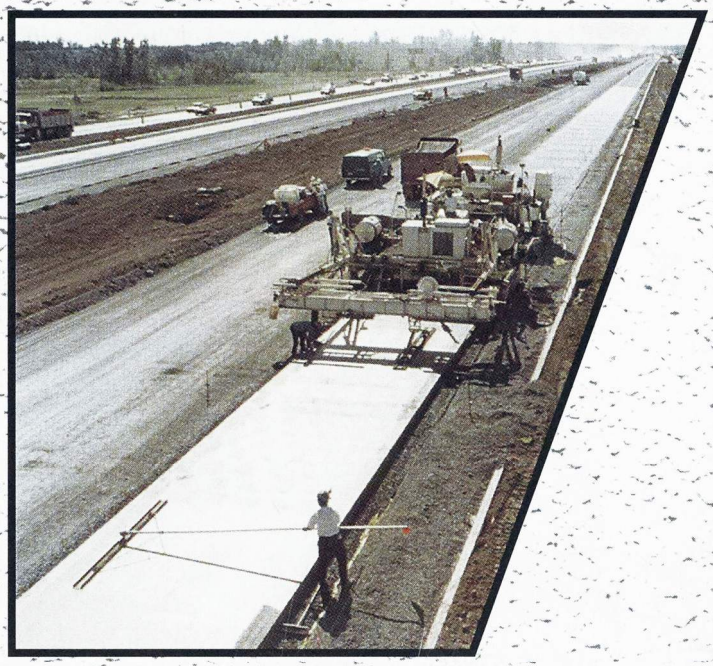
La science de la terre appliquée aux ouvrages de génie civil



ENREGISTRÉ ISO9002 - GUIDE 25



INGÉNIERIE DES MATÉRIAUX
- Analyse
- Résistance
- Microscopie



ÉTUDES GÉOTECHNIQUES
- Routes
- Services municipaux
- Bâtiments
- Ouvrages d'art

CONTRÔLE QUALITATIF
- Sols
- Béton de ciment
- Béton bitumineux
- Membrane

ENVIRONNEMENT

2070, boul. Fortin
Laval (Québec)
H7S 1P3

222, rue Flamand
Joliette (Québec)
J6E 4L9

Téléphone: (514) 662-7535
Télécopieur: (514) 662-9959

Téléphone: (514) 756-1166
Télécopieur: (514) 756-0157

Site Internet: http://home.istar.ca/~labo2000
E-Mail: labo2000@istar.ca

À votre service depuis 1987